COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-SOIXANTE-TREIZIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1921.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1921

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 JUILLET 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

J'ai la douleur d'annoncer à l'Académie des Sciences la mort de l'un de ses membres, M. **Jules Carpentier**, survenue le 29 juin, à la suite d'un grave accident d'automobile qui avait eu lieu, quelques jours auparavant, près de Joigny.

M. Carpentier avait été élu Membre de l'Académie dans la Section des Membres libres le 13 mai 1907, en remplacement du colonel Laussedat. Ingénieur-constructeur de haut mérite, il représentait ici les arts mécaniques et la fabrication des appareils de précision; il était ainsi comme le successeur de Gambey et de Bréguet qui ont laissé de si grands souvenirs.

M. Carpentier, né à Paris le 30 août 1851, était entré à l'École Polytechnique en 1871 et en était sorti dans le corps des ingénieurs des manufactures de l'État. Il y resta seulement quelques années et, en 1876, entra au

service de la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon comme adjoint à l'ingénieur principal du matériel. Il comptait y faire sa carrière et satisfaire ainsi ses goûts très prononcés pour la construction mécanique, lorsque eut lieu la mort de Ruhmkorff. Poussé par le sentiment de sa vocation, il se rendit acquéreur de tout ce que laissait ce constructeur si renommé.

Cette direction nouvelle se produisait au moment où la science électrique éprouvait une transformation considérable. Confinée dans le laboratoire, elle passait dans l'industrie. Il fallait des dispositifs nouveaux pour mesurer rapidement et exactement les grandeurs électriques. L'Angleterre nous avait devancés dans cette voie, sous l'inspiration de William Thomson (lord Kelvin). M. Carpentier se mit à l'œuvre en modifiant complètement l'organisation des ateliers de Ruhmkorff. Il y introduisit surtout la division du travail et la standardisation si développée aujourd'hui.

Bientôt sortit de ces ateliers toute une collection d'instruments de mesures électriques courantes nécessaires à l'industrie : ampèremètres et voltmètres irréprochables, galvanomètres apériodiques de M. d'Arsonval, appareils de Marcel Deprez, électrodynamomètres, dispositifs de M. le général Sebert pour les recherches expérimentales de balistique, et plusieurs autres appareils nouveaux. On réalisa pratiquement, avec une grande perfection, la belle invention de M. Baudot, le télégraphe multiple imprimeur.

Dans tous ces appareils, M. Carpentier mit beaucoup de ses idées propres. En outre, il s'occupa personnellement de la photographie documentaire et de la fixation des improvisations musicales : on lui doit une chambre photographique à main, éminemment portative, la photo-jumelle à répétition, avec des amplificateurs qui développent et perfectionnent son emploi ; les mélographes, avec le mélotrope qui permet de rejouer sur un clavier les morceaux de musique enregistrés par le mélographe. Esprit très actif, s'adonnant aux inventions les plus variées, il s'occupa beaucoup aussi, avec M. Charles Cros, de l'impression photographique appuyée sur l'emploi de trois couleurs. Mais parmi les appareils sortis de ses ateliers, il faut mentionner surtout les périscopes des sous-marins qui permettent à un observateur immergé dans l'eau de voir clairement tout ce qui se passe au dehors, quoique le diamètre extérieur ne dépasse pas 90^{mm} ; on sait quels services ont rendu ces appareils à la défense nationale.

Partout, dans ces inventions multiples, on retrouve l'esprit à la fois très ingénieux et très précis qui faisait la haute valeur de M. Carpentier, et s'associait à une forte éducation scientifique.

Notre confrère, d'un caractère affable, de relations charmantes, n'avait partout que des amis. Je l'avais remarqué dès sa jeunesse parmi les nombreux élèves qui se sont succédé devant moi à l'École Polytechnique pendant 44 ans; c'est une grande tristesse de voir disparaître si tôt ceux qui auraient dû me survivre.

Nous nous réunissons tous pour offrir à la veuve de M. Carpentier, à ses enfants, à ses nombreux petits-enfants, l'assurance de notre profonde sympathie.

Je lève la séance publique en signe de deuil.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Réaction mutuelle de l'acide oxalique et de l'acide iodique.* Deuxième Partie : *Influence de différents catalyseurs.* Note de M. **Georges Lemoine.**

J'ai étudié cette réaction sous l'influence de la chaleur seule (1)

$$C^2H^2O^4 + \frac{2}{5}IO^3H = 2CO^2 + \frac{2}{5}I + \frac{6}{5}H^2O.$$

On a vu que, si p est le poids du mélange actif dissous dans l'eau, y le poids décomposé au temps t et K une constante, on a, pour une température et une dilution données, mais souvent après un certain retard,

$$d\frac{y}{p} = K\left(1 - \frac{y}{p}\right)^2 dt. \qquad (1)$$

En intégrant, on a pour durée de la demi-décomposition $\tau = \frac{1}{K}$.

J'ai mesuré l'influence de différents catalyseurs suivant la température, le poids et l'état de division du catalyseur, la nature du gaz où il a été refroidi. Ces recherches sont parallèles à celles sur l'eau oxygénée (2).

Le catalyseur, étant solide, agit par sa surface; mais la couche liquide en contact est incessamment renouvelée par la diffusion et par le dégagement de gaz. Il convient de faire des déterminations comparatives. Le mode d'expérience était le même que pour l'étude de la chaleur seule : 30^{cm^3} de mélange de liquides normaux dans de simples tubes, en mesurant le gaz dégagé. Le catalyseur, passé dans un tamis (excepté le noir de platine),

(1) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 1094.
(2) G. Lemoine, *Comptes rendus*, t. **162**, 1916, p. 657, 702 et 725.

avait, sauf exception, une grosseur de 1^{mm} à 2^{mm}. On le chauffait à l'air libre ou dans un gaz bien sec, puis on le refroidissait à une température plus ou moins basse (souvent jusqu'à $-75°$) pour lui faire absorber le gaz; dans les dernières expériences, on commençait par faire le vide.

L'influence du catalyseur se manifeste de deux manières : par l'accélération de la réaction, par la suppression ou au moins la diminution du retard qui exprime une inertie chimique au début. Pratiquement, on peut évaluer ce retard par le temps au bout duquel la décomposition atteint un demi pour 100 $\left(\frac{y}{p} = 0,005\right)$.

D'une manière générale, j'ai trouvé que la réaction suit sensiblement la formule (1) avec un catalyseur comme avec la chaleur seule.

Mousse de platine.

Malgré de nombreuses expériences, les résultats ne sont pas complètement concordants, probablement à cause de petites différences dans l'état physique et le degré de division du catalyseur. On peut cependant en déduire quelques conséquences générales.

Influence de la température (9°, 15°, 24°, 33°, 41°, 50°, 75°). — L'activité propre au catalyseur, dans l'ensemble des expériences, paraît être plus grande à de basses températures, vers 10° ou 15°. La vitesse de la réaction exprimée par K dans la formule (1) y est au moins 1,5 fois plus grande qu'avec la chaleur seule en opérant avec 1^g de mousse de platine : vers 41° elle n'est souvent que 1,1 fois plus grande.

Le catalyseur supprime ou atténue beaucoup l'inertie du début.

Influence du poids de catalyseur. — Elle est très nette. La vitesse K de la réaction augmente avec le poids sans être proportionnelle ni à ce poids, ni à la surface correspondante. C'est que les grains de platine ne sont pas éloignés les uns des autres : le gaz qui se dégage au contact d'un grain gêne le dégagement de gaz sur le grain voisin :

A 41°,5 avec 30^{cm^3} de mélange de liquides normaux :

Poids de mousse de platine	0	1^g	3^g	9^g	15^g	21^g
Vitesses initiales K	0,0735	0,0824	0,101	0,122	0.140	0,245
Rapport entre les valeurs de K	1	1,12	1,38	1,66	1,90	3,33
Retard au début	1^h	0	0	0	0	0

Influence de l'état de division pour un même poids. — Dans les mêmes conditions que pour l'expérience précédente, mais avec 1^g de mousse de platine presque pulvérulente, on a obtenu 0,392 comme valeur de K au lieu

de 0,0824 avec 1^g de mousse de platine de 1^{mm} à 2^{mm} : soit, comme rapports des valeurs de K à celle qu'on trouve sans catalyseur, 5,49 au lieu de 1,12. Ces valeurs de K correspondent pour la durée τ demi-décomposition à $2^h,6$ et 12 heures.

Influence de la nature chimique du gaz préalablement absorbé. — Des expériences comparatives ont été faites sur 1^g de mousse de platine en la chargeant comme il a été indiqué ci-dessus, soit à la température ordinaire, soit à — 75° avec des gaz bien desséchés.

Voici un spécimen pour les chargements à — 75° qui sembleraient devoir rendre le platine plus actif comme ayant absorbé plus de gaz :

A 15° avec 30^{cm^3} de mélange de liquides normaux et 1^g de mousse de platine.

	Pas de catalyseur.	H^2.	CO.	CO^2.	O^2.	Az^2.
K..............	0,0023	0,0032	0,0029	0,0034	0,0030	0,0028
Rapports entre les valeurs de K...	1	1,40	1,30	1,50	1,35	1,22

Les différences ne sont pas bien notables : il semble donc que les gaz n'agissent pas en raison de leur nature chimique. On remarque cependant ici et dans plusieurs autres expériences semblables qu'il y a un petit avantage pour les chargements faits avec l'acide carbonique, qui est le plus facilement liquéfiable de tous les gaz employés.

Noir de platine.

Le noir de platine est beaucoup plus actif que la mousse de platine : le dégagement de gaz est presque instantané.

Le noir est pesé très exactement dans une petite ampoule de verre qu'on scelle à la lampe. On l'ajoute dans le liquide. Le tube est fermé par un bouchon percé de deux trous dont l'un sert au dégagement du gaz; l'autre est traversé par une baguette de verre pour casser l'ampoule. On suit la réaction avec une montre à secondes.

Le noir de platine était obtenu en réduisant le chlorure par la glycérine; préparé par le formol, il est notablement plus actif. Il est indispensable de le sécher longtemps (sous une cloche avec P^2O^5) : une faible dose d'humidité diminue beaucoup son activité, mais on ne peut pas en enlever les dernières traces (1). D'après des mesures au microscope, les grains de platine avaient environ un dixième de millimètre (de $0^{mm},07$ à $0^{mm},16$).

(1) Mond, W. Ramsay et Schields, *Philosophical Magazine*, t. 186, A, 1895, p. 657. Les dernières traces d'eau ne disparaissent qu'en chauffant au-dessus de 400°, mais alors le noir commence à se changer en éponge de platine.

Influence de la température (de 9° à 10° et vers 42°). — Voici un spécimen d'expériences pour 30^{cm^3} du mélange de liquides normaux :

	Avec 1^g de catalyseur.		Sans catalyseur.	
	K.	τ.	K.	τ.
A 42°	87	$0^h,012$	0,078	$12^h,8$
A 9°	40	$0^h,025$	0,0010	971^h

Il semble à première vue que le catalyseur est plus actif quand la température augmente. Mais on sait que sans catalyseur la réaction est extrêmement lente à 9°, et relativement rapide à 42°. Il faut donc pour la comparaison prendre les rapports de K ou de τ avec ou sans catalyseur :

	Rapport pour K.	Rapport pour τ.
A 42°	87 : 0,078 = 115	$0^h,012$: $12^h,8$ = 0,00094
A 9°	40 : 0,010 = 40000	$0^h,025$: 971^h = 0,000025

L'effet réel est donc énormément plus grand à froid qu'à chaud.

Influence du poids de catalyseur. — Comme pour la mousse de platine, la vitesse de décomposition augmente avec ce poids, mais sans lui être proportionnelle :

A 9° avec 30^{cm^3} de mélange de liquides normaux.

Poids de platine	0	$0^g,125$	$0^g,250$	$0^g,500$	1^g
Vitesses initiales K	0,001	3,28	11,85	18,1	39,9
Rapports entre les valeurs de K	971	0,305	0,084	0,055	0,025

Influence de la nature chimique du gaz absorbé. — Le noir de platine était chauffé à une température ne dépassant pas 100°, puis refroidi en présence de différents gaz (H^2, CO, CO^2, O^2, Az^2). On n'a pas constaté de différences certaines.

Comparaison des effets du noir et de la mousse de platine. — On a vu que l'influence de la mousse de platine est d'autant plus grande que son état de division est plus grand. Ainsi, à 11° avec 1^g pour 30^{cm^3} de mélange de liquides normaux, la durée τ de la demi-décomposition est d'environ 12 heures avec la mousse de platine de 1^{mm} à 2^{mm}, et de $2^h,6$ si elle est presque pulvérulente. Avec le noir de platine dont les grains ont environ $0^{mm},1$ on a trouvé pour τ à la même température $0^h,012$ environ. Mais si l'on pouvait par extrapolation prolonger les expériences faites avec la mousse de platine jusqu'à des dimensions de $0^{mm},1$, il semble impossible qu'elles puissent aboutir pour τ à un même ordre de grandeur que pour le noir de platine. Ainsi l'état de division ne suffit pas pour expliquer la différence.

CHARBON DE BOIS (BRAISE).

Il fonctionne comme un très bon catalyseur.

La braise était tout d'abord chauffée au rouge vif pour éliminer les substances étrangères : on l'introduisait encore chaude dans un tube où l'on faisait le vide et où on laissait rentrer un gaz bien desséché; on renouvelait plusieurs fois cette opération. On en mettait 1^g avec 30^{cm^3} de liquides normaux en la maintenant au fond du tube par un obturateur pour l'empêcher de venir nager à la surface.

Influence de la température (15° et 42°-43°). — La réaction commence immédiatement. De même que pour le platine, c'est surtout aux basses températures que l'influence du catalyseur est considérable. Quoique les résultats soient un peu variables, voici un spécimen d'expériences pour 30^{cm^3} de mélange de liquides normaux (chargement avec CO^2 à $-75°$) :

	Avec 1^g de braise.		Sans catalyseur.	
A 42°	$K = 0,28$	$\tau = 3^h,58$	$K = 0,078$	$\tau = 12^h,8$
A 15°	$K = 0,078$	$\tau = 12^h,9$	$K = 0,00227$	$\tau = 442^h$
A 42° rapport pour K.	$0,28 : 0,078 = 3,59$		et pour τ	$3,58 : 12,8 = 0,28$
A 15° rapport pour K.	$0,078 : 0,00227 = 34,4$		et pour τ	$12,9 : 442 = 0,03$

Influence de la nature chimique du gaz absorbé. — Malgré de nombreuses expériences, pas de différences certaines.

CHARBON DE SUCRE.

Les dispositions étaient les mêmes qu'avec la braise.

Le retard au début, même aux basses températures, disparaît presque complètement.

Influence de la température (de 9° à 11° et de 41° à 43°). — Comme avec les autres catalyseurs, c'est aux basses températures que l'action catalytique est la plus appréciable. Ainsi avec 30^{cm^3} de mélange de liquides normaux et 1^g de charbon, on a trouvé pour le rapport des vitesses initiales K de décomposition avec ou sans catalyseur : à 41°, 1,1; et à 9°, 1,6.

Influence du poids de catalyseur. — Ici encore, la vitesse de décomposition K augmente avec ce poids.

A 41°,2 ? avec 30^{cm^3} de mélange de liquides normaux.

Poids de charbon (chargé de CO^2 à $-75°$)	0^g	1^g	3^g
Vitesses initiales K observées	0,081	0,086	0,116
Rapport entre les valeurs de K	1	1,06	1,43

Influence de l'état de division pour un même poids. — Expériences comparatives à 9° avec 30^{cm^3} de mélange de liquides normaux et 1^g de charbon chargé d'acide carbonique à la température ordinaire :

	0.	Charbon de 1^{mm} à 2^{mm}.	Charbon $< 0^{mm},25$.
Rapport entre les valeurs de K........	1	1,59	1,79

Charbon ayant déjà servi comme catalyseur. — Malgré plusieurs lavages à l'eau, il a perdu, au moins en grande partie, ses propriétés de catalyseur.

Influence de la nature chimique du gaz absorbé. — Pas de différences notables, d'après diverses expériences comparatives.

Résumé de l'action des catalyseurs.

Plusieurs faits généraux se dégagent des expériences résumées ici : ils sont semblables à ceux que j'ai observés pour l'eau oxygénée :

Abaissement de la température produit par un catalyseur pour une même vitesse de décomposition du mélange actif qui se décomposerait seul, mais très lentement;

Augmentation de la vitesse de décomposition avec le poids de catalyseur, mais sans proportionnalité ni à ce poids, ni à la surface;

Augmentation avec l'état de division, c'est-à-dire avec la surface active.

On pouvait penser que l'influence des catalyseurs est corrélative des gaz absorbés avant leur emploi. Cependant, les expériences faites en changeant les catalyseurs de différents gaz, même à −75°, n'ont pas indiqué de différences certaines. On en conclut que les gaz occlus ont plutôt un *rôle physique* qu'un *rôle chimique*, en attirant le gaz qui commence à s'échapper du mélange en décomposition.

On peut *comparer l'influence des différents catalyseurs* par la durée τ de demi-décomposition (1^g de catalyseur avec 30^{cm^3} de mélange de liquides normaux); les rapports des valeurs de τ (inverse de K) avec ou sans catalyseur ont été trouvés à peu près les suivants :

Températures.	Charbon de sucre.	Mousse de platine.	Braise.	Noir de platine.
9°-11°............	0,6	0,7	0,12 (à 15°)	0,000025
41°-49°............	0,9	0,9	0,28	0,00094

C'est surtout aux basses températures que l'action catalytique est remarquable comme diminuant la durée de décomposition.

Ces comparaisons montrent que le noir de platine a un pouvoir cataly-

tique extrêmement supérieur à celui des autres catalyseurs; cette supériorité, d'après la discussion indiquée plus haut, ne peut pas s'expliquer uniquement par son très grand état de division; elle doit tenir à sa nature chimique particulière comme l'avait dit Berthelot. Les autres catalyseurs sont des catalyseurs simplement *physiques*, de même que dans les expériences faites sur l'acide iodhydrique, sur la décomposition des alcools et sur l'eau oxygénée, ensemble de mes recherches que complète la Communication actuelle.

Ces expériences ont été échelonnées sur un grand nombre d'années; j'y ai été aidé successivement par MM. de Chevrou, Mignot, Dubourg, Albert Berthelot, Charf, Dervin; je les prie de recevoir tous mes remercîments.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les spectres de sensibilité quantitative du silicium dans les sels fondus et dans les aciers.* Note de M. A. DE GRAMONT.

Au cours de recherches sur les spectres de dissociation des silicates minéraux dans l'étincelle condensée j'ai étudié, par les méthodes précédemment exposées ici à propos du spectre du titane (¹), la sensibilité respective des raies du silicium.

Par suite de l'irrégularité et de l'incertitude de sensibilité des diverses plaques panchromatiques, je n'ai considéré que les raies de longueurs d'ondes photographiables avec les plaques ordinaires du commerce et comprises entre les limites λ4800 U.A. et λ2200 U.A. J'ai fait usage de plaques Lumière étiquette violette et Jougla bande mauve.

La seule modification apportée au dispositif instrumental déjà décrit (¹), a été de rallonger le foyer de l'objectif du spectrographe à optique en quartz, en le portant de 400^{mm} à 505^{mm} pour les raies D.

Ayant poursuivi simultanément des études sur les spectres d'étincelle directe des aciers spéciaux, dans les mêmes conditions électriques et spectrographiques, il m'a paru intéressant de dresser des Tableaux quantitatifs des sensibilités des raies du silicium, aussi bien dans les aciers, à froid, que dans les sels alcalins en fusion.

Le premier Tableau correspond à des quantités décroissantes de silice dissoutes dans le carbonate de sodium en fusion. J'ai indiqué autrefois (²) l'effet produit sur le spectre d'étincelle du silicium par l'intercalation, dans le circuit secondaire, d'une self-induction de 0,03 henry environ, qui rend la

(¹) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 94.
(²) *Comptes rendus*, t. 139, 1904, p. 188.

décharge oscillante. Les raies qui disparaissent ainsi ont été désignées par la lettre D, celles qui persistent par la lettre P.

Ces dernières sont aussi les plus persistantes pour les teneurs décroissantes, et comprennent toujours les raies ultimes.

Présence des raies du silicium pour des teneurs décroissantes de celui-ci dans les sels alcalins en fusion.

Si O² pour 100....		20.	5.	2.	1.	0,5.	0.1.	0,05.	0.01.
Si pour 100.......		9.35.	2,34.	0,94.	0,47.	0.23.	0,047.	0,023.	0,005.
λ internat.	Self-inductⁿ.								
4574,7	D	?							
4567,8	D	+							
4552,6	D	+	?						
4130,2	D	+	+	?					
4127,9	D	+	+	?					
3905,5	P	+	+	+	+	+	+		
3862,6	D	+							
3856,0	D	+	+	+	+	+			
3853,9	D	?							
3806,8	D	?							
3796,4	D	?							
3791,7	D	?							
3590,9	D	masquée par 3590,4 de la bande du carbone							
3093,5	D	masquée dans la bande de la vapeur d'eau							
3086,5	D	masquée dans la bande de la vapeur d'eau							
2987,7	P	+	+	+	+	+			
2881,6	P	+	+	+	+	+	+	+	+
2631,6	P	+	+	+	+	+	+		
2541,8	D	+	+	+					
2528,5	P	+	+	+	+	+	+	+	
2524,1	P	+	+	+	+	+	+	+	+
2519,2	P	+	+	+	+	+	+	+	
2516,1	P	+	+	+	+	+	+	+	+
2514,3	P	+	+	+	+	+	+	+	
2506,9	P	+	+	+	+	+	+	+	
2435,2	P	+	+	+	+	+	+	+	
2218,1	P	+	+	+	+				
2216,6	P	+	+	+	+	+	+		
2211,7	P	+	+	+	+				
2210,9	P	+	+	+	+	+			
2218,7	P	+	+	+	+				

Les accolades réunissent les raies voisines, formant groupe, sur les clichés.

La sensibilité de la raie 4552,6 est à peu près impossible à déterminer à cause de sa confusion avec celle de l'air N. 4552,6; toutes deux disparaissent sous l'effet de la self-induction.

La limite de disparition est difficile à déterminer pour la raie 2524,1 à cause de sa confusion possible avec une faible raie du platine 2524,1 souvent due à la cuiller qui contient le mélange en fusion.

Les raies 2452,2; 2443,4; 2438,8, qui viennent dans le silicate de sodium seul non étendu de Na^2CO^3, ont été omises.

La raie 2122,8 se trouvait en dehors du champ photographié.

Les raies ultimes du silicium seront donc bien 2881,6 et 2516,1, auxquelles on pourra ajouter 2524,1. Je n'ai pas tenté de pousser plus loin que cinq cent millièmes la recherche de la sensibilité du silicium, parce que le carbonate de sodium pur employé donnait, irrégulièrement il est vrai, et très faiblement, les raies ultimes du silicium. Avec des appareils à optique en verre, crown ou flint, la raie 3905,5 donne une assez bonne indication analytique, quoique bien inférieure à celle que fournit le spectrographe en quartz avec 2881,6, et surtout avec le groupe de raies (2528,5 à 2506,9) qui par ses fortes lignes, à peu près équidistantes, forme une « grille », très caractéristique de tous les silicates, et reconnaissable à première vue, avant toute mensuration.

Dans la région visible, au spectroscope, deux doublets, de médiocre sensibilité, caractérisent facilement les silicates, ce sont (6371,2; 6346,8) dans le rouge, et (5057,1; 5042,8) dans le vert. Ces raies persistent avec l'emploi de la self-induction.

D'autres essais quantitatifs avec des silicates minéraux dans le carbonate de sodium et ensuite dans le carbonate de lithium ont donné des résultats concordant bien avec ceux du Tableau précédent, quoique avec une sensibilité un peu moindre, par exemple avec le zircon, dont la teneur connue en silicium a permis de constater les raies ultimes de ce métalloïde pour un dix-millième.

Les minéraux doivent être finement porphyrisés, intimement mélangés au carbonate alcalin qui est ensuite maintenu quelques minutes en fusion tranquille, après déplacement de CO^2 par SiO^2, et dégagement des bulles, avant de faire éclater l'étincelle sur le mélange fondu.

Les silicates acides sont plus rapidement attaqués et dissous que les silicates basiques, par les carbonates alcalins.

La recherche du silicium dans les fers, fontes et aciers du commerce offre plus de difficulté à cause de la multiplicité des lignes du fer dans l'étincelle. Non seulement un certain nombre d'entre elles masquent celles du silicium, mais celles-ci sont souvent voilées et dissimulées dans le halo des fortes raies du fer, pour peu que le cliché ait subi une légère surexposition. Le

simple aspect du Tableau ci-dessous montre en outre que la sensibilité spectrale du silicium dans le fer est notablement inférieure à celle que ce métalloïde présente dans les sels fondus.

Cette sensibilité n'atteint pas les deux ou trois dix-millièmes couramment dosés industriellement par la voie humide dans les aciers doux.

Présence des raies du silicium pour des teneurs décroissantes de celui-ci dans les aciers.

Si pour 100... λ internat.	14.	5,07.	2,79.	1,16.	0,45.	0,15.	0,11.	0,05.	0,03.
4574,7	+								
4567,8	+	+							
4552,6	+	+	+						
4130,9	+	+	+						
4127,9	+	+	+						
3905,5	+	+	+	+					
3862,6	+	+							
3856,0	masquée								
3853,9	+								
3806,8	masquée								
3796,4	masquée								
3791,7	+								
3590,9	+								
3093,5	+	+	+	+					
3086,5	+	+	+	+					
2987,7	masquée								
2881,6	+	+	+	+	+	+	?		
2631,6	masquée								
2541,8	masquée								
2528,5	+	+	+						
2524,1	+	+	+	+	+				
2519,2	masquée								
2516,1	+	+	+	+	+	+	+	+	
2514,3	masquée								
2506,9	+	+	+	+	+				
2435,2	masquée								
2218,1									
2216,6	+	+	+	+					
2211,7									
2210,9	?								
2218,7	?								

La colonne 14 pour 100 Si représente un ferro-silicium très résistant aux acides et dénommé commercialement *élianite*. Les autres métaux à teneurs

décroissantes sont des aciers au silicium demi-durs, doux, extra-doux, et le dernier terme à 0,03 pour 100 Si, où les raies ultimes Si ont disparu, est un acier extra-doux industriellement pur.

Malgré leur sensibilité limitée, les raies du silicium, recherchées dans les produits industriels, peuvent apporter des indications qui ne sont pas négligeables, à cause de leur échelonnement quantitatif et de la rapidité avec laquelle on obtient un cliché. Elles fourniraient des renseignements utilisables sur des clichés pris par exemple pour l'étude des aciers spéciaux, dans la recherche des métaux qui, au contraire, y offrent une grande sensibilité, tels que Ni, Cr, Va, Mo, Tu, l'avantage des clichés spectraux résidant aussi dans le nombre des éléments sur lesquels des indications quantitatives peuvent être apportées par une même plaque.

Nous ferons remarquer, en terminant, qu'à 14 pour 100 dans les aciers, à près de 10 pour 100 dans les sels fondus, la limite d'apparition totale des raies du silicium est loin d'être atteinte, car un certain nombre de raies d'intensité médiocre de ce métalloïde ne figurent pas dans les spectres des Tableaux précédents. Rappelons que la limite d'apparition totale, dans les conditions de l'expérience, serait atteinte si, en juxtaposant sur un même cliché le spectre du silicium libre et celui d'un composé à forte teneur de celui-ci, toutes les raies du premier figuraient dans le second.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la chaleur sur l'alcool allylique en présence de divers catalyseurs.* Note [1] de MM. **Paul Sabatier** et **Bonasuke Kubota.**

L'un de nous a indiqué, avec M. Senderens, que l'*alcool allylique*

$$CH^2 : CH.CH^2OH,$$

dirigé en vapeurs sur une colonne de cuivre divisé, entre 180° et 300°, se change presque intégralement en *aldéhyde propylique* $CH^3.CH^2.COH$, par une sorte d'isomérisation. Il n'y a qu'un faible dégagement d'hydrogène, corrélatif de la production d'un peu d'*acroléine* $CH^2 : CH.COH$. La presque totalité de l'hydrogène issu du dédoublement de l'alcool au contact du cuivre a été utilisée pour hydrogéner la double liaison de l'acroléine libérée [2].

---

[1] Séance du 27 juin 1921.

[2] P. Sabatier et Senderens, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, t. 4, 1905, p. 463.

Il nous a paru intéressant d'étudier quelle serait, sur l'alcool allylique, l'action de divers oxydes catalyseurs, dont l'activité vis-à-vis des alcools forméniques a été établie antérieurement, alumine (¹), thorine, oxyde bleu de tungstène, oxyde uraneux, zircone, oxyde manganeux (²).

Il convient de signaler quelques travaux publiés sur ce sujet. On a indiqué que l'alumine au rouge sombre dédouble l'alcool allylique en propène et acroléine (³).

Plus récemment, Mlle Peytral, en pyrogénant l'alcool allylique dans un tube de platine au rouge vif, a obtenu un mélange complexe d'hydrocarbures, où figurent le propène et l'éthylène à côté d'oxyde de carbone, de méthane, etc., avec condensation simultanée d'acroléine; elle admet que l'alcool allylique se dédouble simultanément, par déshydrogénation en acroléine et hydrogène, par déshydratation en eau et *allène*, que l'hydrogène libéré à côté transforme en propène, tandis qu'une portion de l'acroléine se scinde en éthylène et oxyde de carbone (⁴).

Les hautes températures atteintes dans les deux cas compliquaient nécessairement le phénomène. Nous avons opéré sur les oxydes catalyseurs à des températures semblables à celles où avaient déjà été observées leurs actions sur les alcools forméniques, c'est-à-dire au voisinage de 350°.

On s'est servi du dispositif habituel : les produits issus de la catalyse étaient dirigés vers un tube en U, refroidi par un courant d'eau froide ou par de la glace, où se condensaient les liquides. Les gaz étaient recueillis sur l'eau, où se dissolvaient les vapeurs aldéhydiques entraînées, faciles à manifester par leur pouvoir réducteur.

Les oxydes essayés se comportent d'une manière très inégale, tant au point de vue de leur activité absolue de dédoublement qu'à la nature de ce dédoublement. Comme vis-à-vis des alcools primaires forméniques, c'est l'*oxyde bleu de tungstène* qui procure la décomposition la plus active. La *thorine* et l'*alumine* ont également une activité notable, supérieure à celle de la *zircone*, de l'*oxyde uraneux* et surtout de l'*oxyde manganeux*.

Nature des gaz dégagés. — Les gaz, auxquels l'entraînement d'une petite dose de produits allyliques procure l'odeur spéciale de ces derniers, sont combustibles avec flamme éclairante et même fuligineuse, et ils contiennent,

---

(¹) Grigorieff, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 26, 1902, p. 612.

(²) P. Sabatier et Mailhe, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, t. 20, 1910, p. 328.

(³) Krestinsky et Nikitine, *Journ. Soc. phys.-chim. russe*, t. 44, 1912, p. 741.

(⁴) Mlle Peytral, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 29, 1921, p. 39.

à côté d'hydrogène, d'oxyde de carbone et d'anhydride carbonique, en proportions très variables selon les cas, des hydrocarbures incomplets. L'action du brome sur l'eau permet de les doser en totalité. L'acide sulfurique concentré les dissout tous immédiatement, sauf l'*éthylène*, dont on peut ainsi évaluer la proportion. L'absence de réaction sur les solutions de chlorure mercurique, ainsi que sur la solution ammoniacale de chlorure cuivreux, prouve qu'il ne s'y trouve aucune dose appréciable d'*acétylène*, ni d'*allène*, ni d'*allylène* $CH^3 - C \equiv CH$.

Le carbure incomplet, immédiatement absorbé par le brome ainsi que par l'acide sulfurique, est le *propène*. Nous l'avons vérifié en traitant par l'eau glacée la dissolution de ce gaz dans l'acide sulfurique et soumettant la liqueur obtenue à une distillation lente : on isole, en même temps qu'un peu d'hydrocarbure liquide jaunâtre incomplet, bouillant vers 250°, un liquide aqueux, où l'addition de carbonate de potassium sépare l'*alcool isopropylique* $CH^3 - CHOH - CH^3$, pur, bouillant à 82°, issu de l'hydratation du propène. Aucune proportion de propanone, qu'aurait fournie l'hydratation d'allène ou d'allylène, n'a été observée.

Nature des liquides condensés. — Sauf dans le cas de l'oxyde uraneux et surtout de l'oxyde manganeux où l'activité déshydratante a été faible, les liquides condensés forment deux couches superposées. La couche inférieure est de l'eau tenant en dissolution de l'alcool allylique non dédoublé et des produits aldéhydiques. Au-dessus surnage une proportion variable de liquide à odeur irritante dont la couleur varie du jaune (oxydes d'uranium et de tungstène) au vert pâle (thorine) ou au vert foncé (alumine, zircone).

C'est avec l'oxyde de tungstène que la dose d'eau est la plus grande, son volume étant double de celui du liquide surnageant. Viennent ensuite l'alumine, la thorine, et la zircone, pour laquelle la proportion se trouve inversée.

Soumis au fractionnement, le liquide passe à la distillation de 50° jusque vers 300°. La fraction au-dessous de 100°, qui comprend la presque totalité dans le cas de l'oxyde de tungstène, est incolore et constituée par de l'alcool allylique non modifié (96°,5), de l'eau, de l'aldéhyde propylique (49°) et de l'acroléine (52°).

Les fractions comprises entre 100° et 200° sont jaunes et contiennent surtout des aldéhydes très incomplètes, décolorant énergiquement l'eau bromée, et réduisant immédiatement en un miroir métallique le nitrate d'argent ammoniacal, propriétés qui appartiennent aussi aux fractions

passant au-dessus de 200°, dont la coloration est vert plus ou moins foncé.

Des maxima bien caractérisés existent entre 130° et 140°, entre 200° et 210°, ainsi que vers 250° et correspondent à des aldéhydes incomplètes à 6, 9 et 12 atomes de carbone. Ces aldéhydes, dues à des crotonisations successives du propanal et de l'acroléine, sont accompagnées d'une certaine dose d'hydrocarbures, parmi lesquels nous avons pu, dans le cas de l'alumine, caractériser le *mésitylène* $C^6H^3(CH^3)^3$ 1.3.5 (bouillant à 164°).

Pour le rechercher, la fraction bouillant entre 150° et 170° a été attaquée par le mélange sulfonitrique : elle a fourni des cristaux qui, redissous dans l'alcool ou dans l'acétone, ont donné des aiguilles ou des prismes jaunes fondant à 235°, qui sont le *trinitromésitylène*.

Nature des réactions. — Les divers catalyseurs solides agissant sur les alcools forméniques interviennent pour faciliter spécialement selon leur nature les deux réactions de dédoublement que la chaleur seule tend à produire, savoir la déshydrogénation en aldéhydes et la déshydratation en hydrocarbures. La première est l'œuvre à peu près exclusive du cuivre divisé et aussi de l'oxyde manganeux ([1]). La seconde est l'apanage de l'oxyde de tungstène, de la thorine, de l'alumine. Les autres oxydes (zircone, oxyde d'uranium) aident simultanément les deux réactions. L'activité de ces oxydes doit sans doute s'exercer dans des sens analogues vis-à-vis de l'alcool allylique : mais le caractère incomplet de ce dernier ainsi que des corps en provenant introduit dans le phénomène des complications diverses.

1° *Déshydrogénation.* — Elle fournit l'acroléine :

$$(1) \qquad CH^2 = CH - CH^2OH \rightarrow H^2 + CH^2 = CH - CO - H.$$

C'est le produit principal obtenu avec l'oxyde manganeux.

Ainsi que nous l'avons rappelé plus haut, avec le cuivre, l'aptitude de ce métal à hydrogéner en même temps qu'à déshydrogéner a pour conséquence l'utilisation immédiate de l'hydrogène pour former l'aldéhyde propylique, ainsi produite par une sorte d'isomérisation :

$$(2) \qquad CH^2 = CH - CH^2OH \rightarrow CH^3 - CH^2 - CO - H.$$

Un effet semblable, quoique moins important, a lieu avec les divers oxydes à 350° et procure une certaine dose de propanal (qui bout à 49°).

2° *Déshydratation.* — L'enlèvement régulier d'eau devrait fournir l'*allène* :

$$(3) \qquad CH^2 = CH - CH^2OH \rightarrow H^2O + CH^2 = C = CH^2.$$

([1]) P. SABATIER et MAILHE, *loc. cit.*, p. 315.

Mais il n'apparaît pas d'allène libre. Une partie peut être détruite en hydrogène et carbone déposé sur le catalyseur; mais la majeure partie est changée en propène par l'hydrogène emprunté à l'alcool allylique qui donne une production corrélative d'acroléine :

$$(4) \quad CH^2=C=CH^2+CH^2=CH-CH^2OH \rightarrow CH^3-CH=CH^2+CH^2=CH-CO-H.$$

Une forme spéciale de déshydratation, semblable à celle que la propanone donne au contact d'acide sulfurique concentré, peut donner lieu à une condensation en mésitylène :

$$(5) \quad 3(CH^2=CH-CH^2OH) \rightarrow 3H^2O+(CH\equiv C-CH^3)^3.$$

Cette production a été effectivement vérifiée dans le cas de l'alumine.

3° *Réactions consécutives des aldéhydes.* — L'acroléine peut se dédoubler en oxyde de carbone et éthylène, ce dernier pouvant à son tour être partiellement détruit en charbon et hydrogène capable d'être fixé sur les molécules incomplètes du système :

$$(6) \quad CH^2=CH-CO-H \rightarrow CO+CH^2=CH^2,$$

$$(7) \quad CH^2=CH^2 \rightarrow 2C+2H^2.$$

En outre, l'extrême tendance de l'acroléine à donner des produits condensés, tels que le *disacryle*, se manifeste par des productions de ce genre soit sur les parois du tube, soit dans la masse même des oxydes catalyseurs.

La présence des catalyseurs déshydratants favorise beaucoup la crotonisation de l'acroléine et surtout de l'aldéhyde propylique en aldéhydes incomplètes à 6, 9 et 12 atomes de carbone, telle que :

$$CH^3-CH^2-CH=CH-CH^2-CO-H,$$

qui bout à 138° et dont la formation avait été observée par l'un de nous dans la catalyse de la glycérine au contact des oxydes ([1]).

4° *Transformations de l'oxyde de carbone.* — Le dédoublement de l'acroléine engendre de l'oxyde de carbone, facile à caractériser. Mais les gaz contiennent aussi des proportions variables d'anhydride carbonique, pouvant atteindre parfois le tiers du volume total. Il provient soit de la réaction propre de l'oxyde de carbone au contact du catalyseur :

$$(8) \quad 2CO \rightarrow C+CO^2,$$

([1]) P. Sabatier et Gaudion, *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 1033.

réaction que l'un de nous avait signalée dans l'action de l'oxyde uraneux sur les alcools (¹), ainsi que dans le dédoublement catalytique de la glycérine (²); soit par réaction de la vapeur d'eau sur le charbon très divisé déposé sur les catalyseurs :

(9) $$C + H^2O \rightarrow CO^2 + H^2.$$

Dans une prochaine Note, nous indiquerons les résultats obtenus spécialement avec les divers catalyseurs étudiés.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Dr Fernand Ledé. *Un secteur médico-chirurgical de l'intérieur.* (Présenté par M. A. Laveran.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Surfaces imaginaires applicables sur une surface de révolution ou une surface moulure réelle; systèmes cycliques réels correspondants.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. J'ai indiqué dans deux Notes précédentes (³) l'intérêt du problème de la déformation d'une surface sur une base donnée. En 1856, Codazzi a résolu le cas important où la base est constituée par les lignes de courbure : en cherchant les surfaces *réelles* admettant une déformation *continue* où les lignes de courbure restent lignes de courbure (⁴), on trouve soit une surface de révolution R arbitraire, soit une surface moulure M arbitraire.

Codazzi et les géomètres qui ont suivi ont négligé une surface imaginaire S qui doit pourtant être signalée avec soin. De toute surface réelle R

(¹) P. Sabatier et Mailhe, *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, t. 20, 1910, p. 330.

(²) P. Sabatier et Gaudion, *loc. cit.*, p. 1038.

(³) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1397 et 1568.

(⁴) Bianchi, *Géométrie différentielle*, t. 2, p. 45.

(ou M), on peut déduire, par deux quadratures (ou quatre) une surface S applicable sur R (ou M), telle qu'à tout point réel de R (ou M) corresponde sur S un point ayant deux coordonnées réelles et la troisième imaginaire pure; or j'ai montré, dans une Note antérieure (¹), que l'on déduit, sans quadratures nouvelles, d'un tel couple de deux surfaces applicables, quatre systèmes cycliques *réels;* de plus, le réseau conjugué commun à S et R (ou M) se trouvant connu par l'énoncé même du problème, les systèmes triples orthogonaux correspondants s'obtiendront ici sans nouvelle quadrature. Dans un travail qui paraît actuellement au *Bulletin des Sciences mathématiques* j'ai repris une indication de Darboux relative aux systèmes cycliques : on cherche à construire systématiquement un couple de deux surfaces applicables, l'une *fixe* et réelle, l'autre *surface roulante*, imaginaire : or, si l'on part d'une surface roulante imaginaire, j'ai pu indiquer un procédé régulier pour décider s'il existe ou non des surfaces fixes réelles correspondantes; au contraire si l'on se donne la surface fixe réelle, il paraît bien plus délicat de décider s'il existe ou non des surfaces roulantes correspondantes propres à engendrer un système cyclique réel : les surfaces S de cette Note résolvent donc la question si l'on part d'une surface de révolution ou d'une surface moulure réelle. Les quadratures indiquées ayant été faites, la surface S obtenue ne renferme finalement comme paramètres arbitraires que ceux qui sont relatifs à un déplacement réel ou imaginaire : ces paramètres disparaissent donc dans les systèmes cycliques réels obtenus.

Quand on part d'une surface réelle R, la surface S est aussi de révolution, mais à axe de révolution isotrope ; sur R et S les méridiens se correspondent, et aussi les parallèles. Si l'on se borne, en appliquant la construction de Darboux (²), aux points invariablement liés à S répartis sur l'axe isotrope de S, les systèmes cycliques obtenus sont particulièrement simples à caractériser : on considère une surface de révolution réelle R_1, un point M variable sur R_1, le centre m du parallèle du point M, le point t où le plan tangent en M à R_1 rencontre l'axe de R_1, la sphère Σ de centre t et rayon tm, la sphère Σ' de centre M et rayon Mm. Le cercle C commun à Σ et Σ' engendre le système cyclique annoncé. Le système triple orthogonal correspondant est ainsi constitué : les sphères Σ en constituent la première famille; le point M décrivant une méridienne de R_1, l'enveloppe de Σ' est

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1049.

(²) *Théorie des Surfaces*, t. 4, p. 126.

l'une des surfaces de la seconde famille; les surfaces de la troisième famille sont les trajectoires orthogonales des cercles C.

2. La surface S la plus générale est donnée par les formules

$$(1)\quad \begin{cases} X + iY = ki[-u^2 f''(u) + 2uf'(u) - 2f(u) + v^2 f''(u) + 2v\varphi'(v) - 2\varphi(v)], \\ X - iY = \dfrac{i}{k} f''(u), \\ \qquad Z = -v f''(u) - \varphi'(v), \end{cases}$$

k est une constante réelle ou imaginaire; faire varier k revient à faire tourner d'un bloc la surface S autour de Oz d'un angle réel ou imaginaire, de sorte que k ne joue finalement aucun rôle dans les systèmes cycliques trouvés. Le ds^2 de S est

$$(2)\quad ds^2 = u^2 f'''^2(u)\, du^2 + [f''(u) + \varphi''(v)]^2\, dv^2.$$

Si φ est nulle identiquement, on a le ds^2 caractéristique des surfaces de révolution; sinon, on a le ds^2 caractéristique des surfaces moulures.

Les cosinus directeurs α, β, γ de la normale et l'élément linéaire de la représentation sphérique sont donnés par les formules

$$(3)\quad \alpha + i\beta = k\frac{u^2 + v^2}{u}; \qquad \alpha - i\beta = \frac{1}{ku}, \qquad \gamma = \frac{iv}{u}, \qquad d\sigma^2 = -\frac{du^2 + dv^2}{u^2}.$$

Quand on cherche les déformations continues de la surface (1), où le système (u) (v) reste constitué des lignes de courbure, on trouve que l'élément $d\sigma^2$ doit ou conserver la forme (3), de sorte que k varie seul, ou bien prendre la forme

$$(4)\quad d\sigma^2 = \left(\frac{h^2}{u^2 - h^2}\, du^2 + \frac{u^2 - h^2}{h^2}\, dv^2\right)\frac{1}{u^2},$$

qui dépend du paramètre numérique h; la forme (3) est obtenue comme limite de (4) pour $h = \infty$. Si l'on pose $\cos\theta = \frac{h}{u}$ et $\varphi = \frac{v}{k}$, l'élément (4) devient $d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2$ et l'on obtient ainsi les surfaces R ou M applicables sur S.

3. Le cas le plus simple est $f(u) \equiv u$, $\varphi(v) \equiv 0$; la surface S a alors pour équation $x^2 + y^2 + z^2 = \lambda(x - iy)^4$, où λ est une constante; S possède la propriété curieuse d'être à la fois de révolution, surface minima, développée de surface minima.

Si cette surface S roule, non pas sur la caténoïde, mais sur la développée de la surface minima d'Enneper, on obtient des systèmes cycliques d'une

nature différente; on constate que l'application se fait algébriquement, que le système conjugué est aussi algébrique, de sorte que finalement tous les systèmes cycliques et triples orthogonaux sont alors algébriques.

HYDRODYNAMIQUE. — *Mouvement cyclique d'un liquide autour d'un solide qui se meut parallèlement à une paroi rectiligne.* Note de M. **D. Riabouchinski**, présentée par M. G. Kœnigs.

On peut déduire des équations générales du mouvement de corps solides dans un liquide incompressible de W. Thomson, dans le cas des mouvements à deux dimensions où un solide est animé d'une vitesse uniforme $(-V)$ parallèle à une paroi rectiligne, les expressions suivantes :

$$(1)\qquad \begin{cases} X = 0, \\ Y = \dfrac{\partial T}{\partial a} - \dfrac{\partial H}{\partial a} + \rho \varkappa \dfrac{\partial \chi}{\partial a}, \end{cases}$$

X et Y sont les projections, parallèle et orthogonale à la paroi rectiligne, de la pression totale exercée par le fluide sur le solide, T est l'énergie cinétique du fluide et χ le flux, dans le mouvement relatif, entre le solide et la paroi lorsque la circulation $\varkappa$ est nulle, H est l'énergie cinétique du mouvement cyclique lorsque le solide est immobile, a détermine la distance du solide à la paroi.

Lorsque a croît indéfiniment, on peut poser

$$T = A, \qquad H = B, \qquad \chi = aV + C,$$

A, B, C étant des constantes; les équations (1) deviennent

$$X = 0, \qquad Y = \rho \varkappa V.$$

C'est le théorème de Joukovski.

Nous nous proposons de calculer la force Y dans le cas où la section du solide est un cercle de rayon b et la distance de son centre à la paroi est a.

On trouve entre les variables $w (= \varphi + i\psi)$ et $z (= x + iy)$ la relation suivante :

$$w = \frac{2}{\pi} KV\sqrt{a^2 - b^2}\,\frac{\Theta'(u)}{\Theta(u)} + \frac{\varkappa u}{2K} + iV\sqrt{a^2 - b^2},$$

$$u = -\frac{iK}{\pi}\log\frac{z + i\sqrt{a^2 - b^2}}{z - i\sqrt{a^2 - b^2}} + iK',$$

$$(2)\qquad q = e^{-\pi\frac{K'}{K}} = \frac{b}{a + \sqrt{a^2 - b^2}}.$$

L'énergie cinétique T s'exprime comme suit :

$$T = \frac{1}{2}\rho\pi b^2 V^2 \left[1 + 2\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{q - q^{-1}}{q^{2n+1} - q^{-2n-1}}\right)^2 \right].$$

Lorsque $\frac{a-b}{b}$ tend vers l'infini ou vers zéro, T a respectivement pour limite

$$T = \frac{1}{2}\rho\pi b^2 V^2$$

et

$$T = \frac{\pi^2 - 4}{8}\rho\pi b^2 V^2 = 1,467\left(\frac{2}{2}\rho\pi b^2 V^2\right).$$

La pression qu'éprouve le solide de la part du fluide dans le cas où il n'y a pas de circulation est

$$(3)\quad Y_1 = \frac{\partial T}{\partial a} = -\rho 2\pi b V^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(2n+1)\,\mathrm{sh}(\log q)\,\mathrm{ch}[(2n+1)\log q] - \mathrm{ch}(\log q)\,\mathrm{sh}[(2n+1)\log q]}{\mathrm{sh}^3[(2n+1)\log q]}.$$

Quelques valeurs de Y, que nous avons calculées d'après cette formule sont données dans le Tableau ci-dessous :

$\frac{1}{q}$.	$\frac{a-b}{b}$.	$Y_1\, \rho\, 2\, bV^2$.
1	0	$-\infty$
1,1	0,005	$-7,054$
2	0,250	$-0,226$
4	1,125	$-0,011$
6	2,083	$-0,002$
∞	∞	0

Le flux χ entre le solide et la paroi est donné par l'expression

$$(4)\qquad \chi = V\sqrt{a^2 - b^2}$$

et l'énergie cinétique H du mouvement cyclique par

$$(5)\qquad H = -\frac{\rho\chi^2}{4\pi}\log q.$$

La pression totale qu'éprouve le solide de la part du fluide est, en vertu des formules (1), (2), (4) et (5),

$$Y = Y_1 - \frac{\rho\chi}{4\pi}\left(\frac{\chi - 4\pi a V}{\sqrt{a^2 - b^2}}\right),$$

Y_1 ayant pour valeur l'expression (3).

ASTRONOMIE. — *Observation de l'occultation de Vénus, le 1er juillet 1921, faite à l'Observatoire de Lyon.* Note de M. **Jean Mascart**, présentée par M. B. Baillaud.

L'observation de ce phénomène a été favorisée d'un beau ciel, que l'état atmosphérique des jours précédents ne permettait guère d'escompter. L'état de définition a été moyennement bon.

Les observateurs étaient : MM. Guillaume (J. G.), Gallissot (C. G.), Flajolet (P. F.), Grouiller (H. G.) et Mlles Bac (C. B.), Bloch (M. B.).

Le Tableau suivant indique la nature des instruments et leur ouverture, les grossissements employés, les temps notés en T moyen de Greenwich dans l'ordre successif des contacts.

L'immersion s'est faite au limbe éclairé de la Lune, âgée de 26j,9, et les émersions au bord obscur que le jour effaçait complètement.

				Immersion.			Émersion.		
Instruments.	Ouvert.	Grosst.	Observ.	1er contact, corne N.	2e contact, corne S.	Dispon.	Grosst.	Apparition.	Dernier contact.
	m			h m s	m s	m s		h m s	m s
Équatorial coudé	0,32	435	J.G.	15.54.11,2	54.16,2	54.35,9	435	17.2. 6,0	2.51,4
» Brünner	0,16	180	H.G.	54. 6,5	54.12,4	54.35,3	45	»	2.51,0
» Eichens-Gaut.	0,16	108	P.F.	54. 0,5	»	54.35,7	52	2.29,8	2.50,8
Lunette Bardou	0,075	80	C.B.	54. 7,2	»	54.35,4	80	»	2.48,9
Lunette Huet	0,075	12	M.B.	53.50,2	»	54.34,2	12	2.41,4	»
Jumelle à prisme Huet	0,032	12	C.G.	54. 8,1	»	54.41,0	12	2.36,0	2.53,0
Œil nu	»	»	C.G.	53.47,3	»	»	»	»	»

Le temps de réapparition noté par M. Guillaume est estimé en retard de 1 ou 2 secondes

ASTRONOMIE. — *La loi de rotation du Soleil expliquée par l'évolution et l'aplatissement du protosoleil.* Note (1) de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

La loi des distances planétaires ($x_n = 0,29 + 1,886^n : 214,95$) précise le rayon équatorial 0,29 u. a. du Soleil primitif, à peine inférieur à la distance périhélie de Mercure, auquel la rotation du protosoleil a donné son impul-

(1) Séance du 27 juin 1921.

sion tangentielle sur l'orbite. Par suite, la durée de rotation du protosoleil devait être T = 57 jours et lui donner un fort aplatissement.

Admettons que le protosoleil ait été une Céphéide du type M ascendant : Shapley indique pour leur densité moyenne $0,846 \times 10^{-5}$, ce qui correspondrait avec la masse du Soleil à un rayon moyen de 0,256. Puisque le rayon équatorial est 0,29 u. a., on peut calculer une première valeur de l'aplatissement : 0,312.

On peut déterminer autrement l'aplatissement du protosoleil si la loi de densité interne était voisine de celle $(1 : r^2)$ d'un gaz parfait. Alors l'attraction à l'équateur devait différer peu de $\frac{4}{3}\pi a\Delta$ (a rayon équatorial, Δ densité moyenne) et le rapport φ de la force centrifuge et de l'attraction à l'équateur être voisin de

$$\varphi = \frac{3\pi}{T^2\Delta} \qquad \text{(T en heures et } \Delta \text{ par rapport à l'eau).}$$

L'aplatissement de Saturne calculé par cette formule donne

$$(1) \qquad 1 - \frac{b}{a} = e_s = \frac{7,692}{T^2\Delta} = \frac{5\varphi_s}{6,126} = \frac{1}{9,13} \qquad (b\text{, rayon polaire}).$$

Le rapport 5:6,126 appliqué à Jupiter donne bien son aplatissement $e_J = 1 : 17,15$. Mais ces deux planètes sont sans doute plus près de l'homogénéité qu'un ellipsoïde formé de gaz parfaits. Le dénominateur de $\frac{e}{5\varphi}$ devra donc, conformément à la théorie de Clairaut, être un peu supérieur à 6,126. On a pour déterminer Δ :

$$(2) \qquad \frac{4}{3}\pi a^2 b\Delta = 333432\,\text{M} \qquad (\text{M, masse de la Terre}).$$

(1) et (2) permettent de calculer Δ et e; on trouve $\Delta = 0,994410^{-5}$ (soit $\frac{1}{9}$ de celle de l'hydrogène), et $e = 0,4133$, valeur qui, d'après ce qui précède, donne un maximum de l'aplatissement.

D'autre part, M. du Ligondès, en appliquant la théorie de Clairaut au cas de la densité variant comme $1 : r^2$, a donné une formule où le dénominateur de $\frac{e}{5\varphi}$ est $3 + \sqrt{17} = 7,123$. Avec cette valeur on aura un minimum de l'aplatissement : car la densité ne peut être infinie au centre et d'après la théorie d'Eddington la pression de radiation rapproche l'intérieur d'une étoile de l'homogénéité. Avec 7,123 on a $e = 0,3555$ et la moyenne des deux valeurs obtenues est $e = 0,3844$.

L'ellipsoïde très aplati du protosoleil s'est réduit à une sphère : ce changement de forme dans la condensation a fait varier la vitesse de rotation avec la latitude.

Supposons l'ellipsoïde du protosoleil ayant d'abord la même période de rotation T à toute latitude λ : sa très faible densité excluant un frottement interne appréciable permet l'application de la loi des aires. Si un point P de l'ellipsoïde (x, λ) vient en P' par condensation sur la sphère de rayon R et de volume égal à l'ellipsoïde, il aura à la même latitude λ une durée T' de rotation telle que

$$(3) \qquad \frac{x}{T^2} = \frac{R\cos\lambda}{T'^2}.$$

Mais $R = a(1-e)^{\frac{1}{3}}$ et x est déterminé par

$$x^2\left[\frac{1}{a^2} + \frac{tg^2\lambda}{a^2(1-e)^2}\right] = 1;$$

d'où, en substituant dans (3) et simplifiant,

$$(4) \qquad \frac{T}{T'(1-e)^{\frac{1}{3}}} = [(1-e)^2 + e(2-e)\sin^2\lambda]^{-\frac{1}{4}} = (1-e)^{-\frac{1}{2}} - \frac{e(2-e)}{4(1-e)^{\frac{5}{2}}}\sin^2\lambda + \ldots.$$

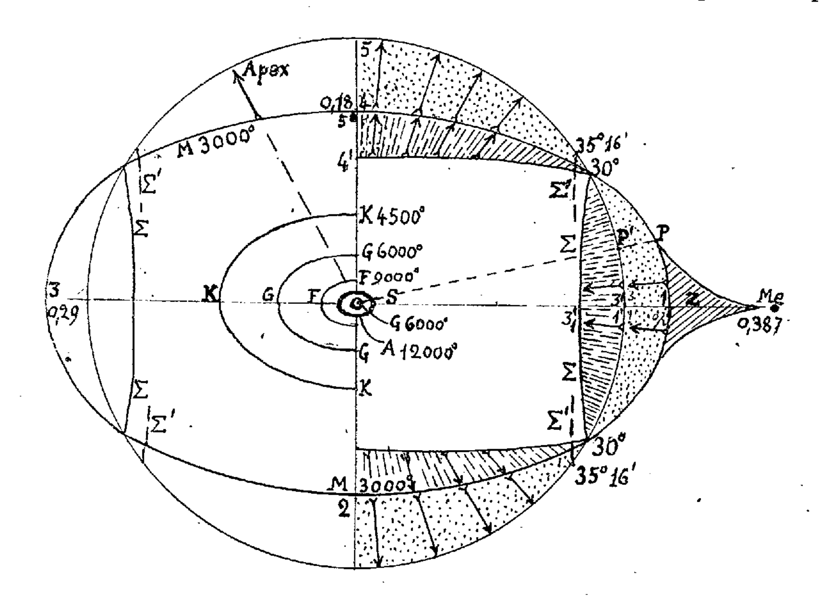
On reconnaît la formule empirique que Faye a donnée pour la rotation solaire $[21600' = T'(862 - 186'\sin^2\lambda)]$.

Cette formule n'a été bien établie qu'entre l'équateur ($T_e = 25,05$) et 30° ($T' = 26^j,49$). Pour $\lambda = 30°$ et $e = 0,377$, la formule (4) donne $T = T'$ et l'on a bien

$$\left(\frac{T_e}{T'}\right)^6 = \left(\frac{25,05}{26,49}\right)^6 = 1 - e = 0,623.$$

Aux pôles, la formule (4) donne $T = 31^j,0$ et celle de Faye, incomplète, donne $31^j,95$. Ainsi *la loi de rotation du Soleil est celle qui résulte de la condensation sphérique suivant la loi des aires d'un ellipsoïde d'aplatissement* $e = 0,377$ *ayant une rotation uniforme, et à la latitude* 30° *un parallèle commun avec la sphère équivolume*. L'aplatissement 0,377, voisin de celui 0,384 trouvé par un calcul indépendant, correspond à la valeur 1 : 6,625 pour le rapport $\frac{e}{5\varphi}$ et au rayon moyen $R = 0,248$. On comprend maintenant pourquoi les taches s'arrêtent le plus souvent à la latitude de 30°. Les masses 1 à 3' du renflement équatorial rentrent de 1' à $3'_1$ dans la sphère en se comprimant ; l'ensemble des points $3'_1$ forme une surface de révolution Σ

qui correspond à l'une des surfaces de discontinuité d'Emden. De même, les masses 4 à 5 ayant rempli la sphère au-dessus de la dépression polaire



de l'ellipsoïde provenaient de la région 4' à 5' : elles se sont donc détendues. Ainsi la région solaire correspondant aux taches a été soumise à une hyperthermie par compression, celle de région polaire au-dessus de 30° à une hypothermie par dépression de la matière solaire. Cela suffit avec l'excès de vitesse de la zone équatoriale pour expliquer les taches et leur absence au delà de 35°16', latitude extrême du parallèle commun à une sphère et un ellipsoïde équivolume.

Sur le côté gauche de la figure est indiquée l'évolution de condensation du protosoleil suivant des ellipsoïdes semblables, d'après la loi de densité d'Eddington $\left(\theta = K\Delta^{\frac{1}{6}}\right)$, applicable aux types M, K, G et F ascendants.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Atome de Bohr. Fonction de Lagrange circumnucléaire.* Note de M. **Marcel Brillouin.**

1. J'ai cherché la fonction de Lagrange la plus générale qui fournisse des orbites privilégiées possédant les caractères essentiels des orbites de Bohr-Sommerfeld. Voici le résultat auquel je suis parvenu à la suite de recherches dont le détail sera publié ailleurs. La fonction de Lagrange

complète est

$$L = L_0 + L_u + L_v.$$

L_0 est la fonction fournie par la mécanique et l'électrostatique classiques

$$L_0 = \frac{1}{2}(r^2\dot{\theta}^2 + \dot{r}^2) + \frac{k^2}{r}$$

en coordonnées polaires planes, pour un mobile de masse unité.

Je pose

$$u = \frac{C r^2 \dot{\theta}}{k}, \qquad v = \frac{C k r}{\sqrt{2k^2 r - r^4\dot{\theta}^2 - r^2\dot{r}^2}},$$

u, v sont les deux *actions* quantifiables;

$$C = \frac{4\pi^2 k}{h},$$

h est la constante de Planck.

$$\begin{aligned} L_u = {} & (\cos u)\left[\frac{\dot{r}^2}{k^2}\lambda(u) + \frac{\dot{r}}{k}\chi_0(r, u) - \lambda_1(u) - \frac{2}{r}\lambda(u)\right] \\ & + (\sin u)\left[-\frac{\dot{r}^2}{k^2}\frac{\partial\lambda}{\partial u} - \frac{\dot{r}}{k}\frac{\partial\chi_0}{\partial u} + \frac{\partial\lambda_1}{\partial u} + \frac{2}{r}\frac{\partial\lambda}{\partial u} + \frac{u\lambda}{C^2 r^2}\right], \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_v = {} & (\cos v)\left[\frac{\dot{r}}{\sqrt{\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2}} - 1\right](\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2)\frac{B(v)}{2k^2 r} \\ & + (\sin v)\left\{\left[\frac{\dot{r}}{\sqrt{\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2}} - 1\right]\left[\frac{C^2 B(v)}{r v^3} + \frac{(\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2)}{2k^2 r}\frac{\partial B}{\partial v}\right]\right. \\ & \left. - \frac{\dot{r}}{\sqrt{\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2}}\frac{C^2}{2v^3}\frac{B(v)}{r}\right\}. \end{aligned}$$

2. Chacune des deux équations du mouvement est alors de la forme suivante :

$$\begin{aligned} & P_1 \sin u + Q_1 \sin v + (a + P_2 \cos u + Q_2 \cos v)\frac{d}{dt}(r^2\dot{\theta}) \\ & \qquad + (b + P_3 \cos u + Q_3 \cos v)\left(\ddot{r} + \frac{k^2}{r^2} - r\dot{\theta}^2\right) = 0. \end{aligned}$$

Dans l'équation en θ, $a = 1$, $b = 0$.
Dans l'équation en r, $a = 0$, $b = 1$.

Sans qu'il soit nécessaire d'écrire en détail les coefficients P, ..., Q, on voit immédiatement qu'il y aura des orbites privilégiées, données par les coefficients P, ..., Q, on voit immédiatement qu'il y aura des orbites privilégiées, données par

$$\sin u = 0, \qquad \sin v = 0,$$

car ces deux conditions sont compatibles avec

$$\frac{d}{dt}(r^2\dot{\theta}) = 0 \qquad \text{et} \qquad \ddot{r} + \frac{k^2}{r^2} - r\dot{\theta}^2 = 0$$

qui sont les équations classiques des orbites képlériennes;

$$u = n\pi, \qquad v = n'\pi$$

ne sont autres que les équations de quanta, qui assignent des valeurs particulières aux constantes (excentricité, grand axe) des orbites képlériennes.

3. Il est visible que les orbites privilégiées seront de deux sortes, suivant que n et n' seront pairs ou impairs, suivant que les cosinus deviennent $+1$ ou -1. Si les coefficients $P_2, \ldots, Q_3$ sont suffisamment grands, ce changement de signe des cosinus affectera évidemment la stabilité des orbites. On peut donc choisir les fonctions encore arbitraires B, λ, λ_1, χ de telle sorte que les valeurs paires de n et n' donnent des orbites stables, et les valeurs impaires des orbites instables intercalaires, de telle stabilité ou instabilité que l'on voudra. La forme générale de fonction de Lagrange circumnucléaire que j'ai obtenue pourra donc être particularisée de manière à s'adapter au second postulat de Bohr.

4. Les vitesses entrent dans la nouvelle fonction de Lagrange d'une manière plus compliquée que ne l'indique la Mécanique classique; ce n'est plus une objection, dans le domaine voisin du noyau atomique. Néanmoins, je ne regarde pas les actions indiquées par cette fonction comme des actions primordiales; j'ai poursuivi en même temps la recherche des propriétés d'un milieu hétérogène (que je regarde comme l'intermédiaire par lequel sont produites les actions que résume et simplifie cette fonction de Lagrange) capable de représenter d'une manière plus complète les propriétés émissives de l'atome.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les figures de M. de Heen et l'effluve électrique.* Note de M. **A. Lafay**, présentée par M. Maurice Hamy.

M. de Heen a montré, il y a une vingtaine d'années (¹), qu'une lame de résine électrisée, placée pendant quelques instants au-dessous d'un certain nombre de flammes ou de pointes, acquiert la propriété de se recouvrir de dessins caractéristiques lorsqu'on y projette une poudre légère. Ces dessins,

(¹) *Ac. des Sc. de Bruxelles*, septembre 1899.

dont l'aspect rappelle les figures classiques de Savart, sont produits par les particules électrisées émises par les flammes ou les pointes sous l'action du champ électrique ; ils sont généralement constitués par de fines cloisons qui subdivisent la lame en autant de cellules qu'on a employé de centres d'émissions pour l'influencer.

I. On reproduit ce phénomène, dans des conditions plus faciles à préciser, en plaçant une plaque de résine *non électrisée* sur l'armature inférieure d'un condensateur plan horizontal dont l'autre armature est percée de quelques petits trous destinés à recevoir les pointes que l'on veut faire agir. Les charges transportées par le champ viennent alors se fixer sur la résine et l'on révèle leur répartition en saupoudrant la plaque avec un mélange de soufre et de minium.

En retirant les pointes à des intervalles de temps très courts et progressivement croissants à partir de l'instant où le champ se trouve établi, on peut suivre l'évolution du phénomène et constater qu'il se forme à l'aplomb de chaque pointe une tache électrisée qui, d'abord très petite et sensiblement circulaire, augmente en même temps qu'elle se déforme sous l'influence *apparente* des taches voisines.

Ces déformations sont dues aux répulsions mutuelles des effluves en forme de nappes coniques qui, émis par chaque pointe, viennent garnir de particules électrisées le pourtour grandissant de la tache correspondante. Au bout d'un instant il arrive que, sous l'effet antagoniste des charges déposées sur la résine, l'intensité du champ s'approche de la limite au-dessous de laquelle l'émission des pointes cesserait de se produire ; les dessins obtenus deviennent alors indépendants de la durée de pose.

Suivant l'intensité du champ et la position des pointes entre les armatures du condensateur, on obtient des plages électrisées séparées par des cloisons, plus ou moins étroites, qui atteignent parfois une finesse surprenante avant de disparaître ; on observe dans ce cas une seule tache étendue à bords mamelonnés.

II. On peut séparer les divers effets qui interviennent dans la formation de ces figures en utilisant le fait expérimental suivant :

Plaçons une plaque de résine, portée par un plateau conducteur isolé, à une petite distance de la face arrière d'un grillage métallique dont la face avant reçoit des effluves distribués d'une façon quelconque ; il suffit d'établir pendant un temps très court, dans la région arrière, un champ de même sens que celui qui existe à l'avant, pour obtenir sur la résine un décalque des régions frappées par ces effluves.

En substituant au grillage une plaque percée d'un petit trou, on obtient dans le champ arrière un *effluve élémentaire*, sorte de filet gazeux électrisé, qui suit les lignes de force de ce champ. Il est d'ailleurs facile de vérifier que le décalque d'un grillage résulte de la juxtaposition des taches produites par les divers effluves élémentaires issus de ses mailles.

Par conséquent, pour éliminer l'effet de l'accumulation des charges sur la résine, il suffit de substituer une toile métallique à l'armature inférieure du condensateur, dont il a été question plus haut, et de disposer la plaque de résine au delà de cette toile avec les accessoires nécessaires pour décalquer les images que les effluves forment à l'état latent sur la toile. On supprime de même la déformation du champ par les pointes, en les remplaçant par des trous percés dans l'armature supérieure et alimentés en particules électrisées par des effluves produits au-dessus de cette armature.

Ces dispositifs rendent possible l'examen individuel des diverses causes qui interviennent dans la formation des figures de M. de Heen et nous ont permis de vérifier que le mécanisme de leur production est bien conforme à l'exposé que nous en avons donné ci-dessus. En particulier, en ne laissant subsister que l'effet des répulsions mutuelles des particules, nous avons constaté que l'on obtient encore la subdivision cellulaire qui est la principale caractéristique de ce phénomène.

RADIOLOGIE. — *Sur un dispositif ionométrique radiologique.*
Note de M. SOLOMON, présentée par M. Villard.

Un appareil de mesure par ionisation, pour être utilisable en radiologie médicale, doit répondre aux conditions suivantes :

1° Simplicité très grande du maniement; 2° permettre la mesure facile de l'énergie röntgénienne à la surface du corps (dose incidente) et à l'intérieur du corps (dose profonde), la détermination du quotient (dose incidente-dose profonde) étant capitale en radiothérapie; 3° assurer le parallélisme d'absorption entre les tissus et l'air de la chambre d'ionisation en éliminant tout rayonnement caractéristique appréciable par un choix convenable des matériaux constituant la chambre d'ionisation, les matériaux de poids atomique très faible n'émettant pas de rayonnement caractéristique pour les voltages usuels en radiologie médicale.

Le dispositif que nous avons l'honneur de présenter nous semble répondre à ces conditions. L'appareil de mesure est un électroscope à feuille d'or, à capacité variable.

Un commutateur permet d'introduire une capacité auxiliaire qui quadruple la capacité première du dispositif, ce qui permet des mesures pendant un temps assez long, l'appareil fonctionnant comme un quantitomètre intégrateur. Les déplacements de la feuille d'or se lisent sur un cadran divisé en degrés, le cadran est éclairé par un dispositif optique amovible. La charge du système isolé se fait au moyen d'une petite machine électrique à frottement : une tige d'ambre, animée d'un mouvement de rotation au moyen d'une manivelle, frotte sur une peau de chamois. Un poussoir terminé par un petit cylindre en ébonite permet une décharge lente de l'appareil; la lecture du déplacement de la feuille peut ainsi se faire à partir d'une division quelconque.

L'électroscope est logé dans un bloc de plomb relié à la terre, assurant ainsi une protection électrostatique parfaite et une étanchéité suffisante aux rayons X.

La chambre d'ionisation est en graphite, avec armature axiale également en graphite. Elle se présente sous la forme d'un petit cylindre de 15^{mm} de diamètre extérieur et de 30^{mm} de longueur; ses dimensions permettent une introduction facile dans les cavités naturelles.

La chambre d'ionisation est reliée à l'électroscope au moyen d'un conducteur formé de trois tronçons : un tronçon intermédiaire, formé d'un long fil en acier, isolé au soufre et recouvert d'un tube de laiton, et deux tronçons terminaux à conducteur en acier continuant celui du tronçon central et isolé par des anneaux en ébonite et soufre; l'enveloppe extérieure métallique est flexible. Un de ces tronçons est relié à la chambre d'ionisation par un montage en baïonnette, l'autre à l'appareil de mesure au moyen d'un petit ressort à boudin. La souplesse de ces deux tronçons permet de leur donner toutes les positions dans l'espace.

L'étalonnage de l'appareil a été fait avec une quantité connue de radium-élément; la détermination de la charge et de la capacité devient inutile. La correspondance a été établie entre les subdivisions de l'appareil et les unités usuelles V, H, X et M.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur le principe de combinaison et les raies d'absorption dans les spectres de rayons X.* Note (1) de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. E. Bouty.

I. Depuis la publication de notre dernière Note sur ce sujet (2) nous avons eu connaissance des travaux de Smekal (3) et de Coster (4) sur la

(1) Séance du 27 juin 1921.

(2) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1350.

(3) *Zeitschrift für Physik*, t. 4, 1921, p. 26, 91 et 121.

(4) *Ibid.*, t. 5, mai 1921, p. 139.

même question. Les trois classifications proposées sont d'accord pour la combinaison des niveaux M et L, mais elles ne concordent pas quant aux niveaux de plus basse fréquence. La cause en est due à l'erreur qui existait au sujet des raies β_5 et γ_2 pour le tungstène et les terres rares, et à ce fait que la détermination des premiers « anneaux » ne pouvait être effectuée d'une façon certaine, dans l'état actuel de précision des mesures, que par l'étude des spectres de l'uranium ou du thorium.

L'objet de cette Note est d'exposer les résultats d'une série de recherches complémentaires qui étaient suggérées par la classification proposée.

1° *La raie* β_7. — Nous avons pu dédoubler la raie β_7 en second ordre (ainsi que β_2 et β'_2) et avons trouvé les composantes $\beta_7 = 733,5.10^{-11}$ cm et $\beta'_7 = 736,7$ au lieu de la valeur moyenne primitive 734,8. Le doublet de Sommerfeld est très bien vérifié en prenant $\gamma_6 - \beta'_7$.

L'existence de ce doublet $\beta_7\beta'_7$, dont la composante de grande longueur d'onde donne avec une raie L_2 une différence de Sommerfeld, est à rapprocher de ce qui s'observait déjà avec les doublets $\beta_2\beta'_2$ et $\alpha_1\alpha_2$. Ce doublet manifeste une duplicité de niveaux N qui, rapprochée du fait que le doublet $M\alpha - M\beta$ a le même « anneau » d'origine, conduit à modifier ainsi qu'il suit la nomenclature des premiers niveaux. Les deux premiers doivent être désignés par O. Le vrai niveau N_1 est défini par β_7 et N_2 l'est par les doublets $\gamma_6 - \beta'_7$ et $M\beta - M\alpha$.

Anneaux de départ.	Anneaux d'arrivée.								
	K.	L_3.	L_2.	L_1.	M_5.	M_4.	M_3.	M_2.	M_1.
N_7......	»	γ_7 tr. faible (1)	γ_5 faible	β_6 ass. forte	»	»	»	»	»
N_6......	γ	γ_3 moyenne	»	»	»	δ	»	»	»
N_5......	»	»	γ_1 tr. forte	β'_2 moyenne	»	ε	γ	»	»
N_4......	»	»	»	β_2 tr. forte	»	»	»	»	»
N_3......	»	»	»	β''_2 faible	»	»	»	»	»
N_2......	»	»	γ_6 moyenne	β'_7 faible	»	»	»	β	α_2
N_1......	»	»	»	β_7 faible	»	»	»	»	(α_1)
O_y......	»	γ_4 faible	»	»	»	»	»	»	»
O_x......	»	γ_8 tr. faible	γ_2 ass. forte	β_5 forte	»	»	»	»	»

Suivant Sommerfeld, la combinaison N_1M_1 devrait donner une forte raie $M\alpha_1$. Or Stenström n'a observé qu'une seule ligne $M\alpha$. Nous pensons que, pour l'uranium tout au moins, $M\alpha_1$ existe mais qu'elle se confond avec $M\beta$, car la différence N_1N_2 est voisine de M_1M_2. Les lignes β''_2 et β_2 exigent ensuite l'existence des niveaux N_3 et N_4, puis

(1) Cette raie est excessivement faible. Il se pourrait que la véritable ligne γ_7 fût pour U confondue avec γ_6, qui est un peu plus intense que γ_3, ce qui ramènerait au schéma du tungstène.

on retrouve notre schéma primitif dont nous reproduisons ci-contre la partie modifiée.

Les potentiels critiques d'excitation de N_1 et de N_4 seraient pour l'uranium de 250 et 710 volts. Si on les calcule pour l'or au moyen des valeurs de β_7 et de β_2 données par Coster, on trouve 76 et 330 volts. Or, M. Holweck nous a récemment aimablement informé qu'il trouvait pour cet élément un seuil d'absorption correspondant à 160 volts. Si l'on considère que la méthode de M. Holweck doit conduire à une valeur moyenne un peu forte des premières limites N on jugera que l'accord existant entre les deux résultats est très satisfaisant.

2° *Les raies* γ_9, β_8 *et* β_9. — Nous avons effectué de nouveaux clichés avec du carbure d'uranium préparé autrefois par M. Karl et en remplaçant les pièces de molybdène de la cathode Coolidge par des pièces en fer. La raie 624 (γ_9) qui était située entre les lignes $K\beta$ et $K\gamma$ du molybdène n'est plus visible; elle appartient donc à cet élément. β_8 et β_9 ont conservé la même intensité relative, mais la première exigerait une duplicité du niveau M_2 peu vraisemblable, d'autant plus que β_8 du tungstène proviendrait de M_1.

3° *La raie* $L\alpha_3$. — Hjalmar a mesuré, pour les éléments rangés de l'arsenic à l'indium, une nouvelle raie L, très voisine de α_1, qu'il a désignée par α_3. Nous avons recherché son origine au point de vue du principe de combinaison.

Nous avons pour cela défini les divers niveaux de l'étain qui est un élément pour lequel on connaît beaucoup de raies L (1) en nous servant du schéma obtenu avec l'uranium. La raie γ_4 donne L_3 en négligeant l'énergie de l'anneau O de départ; β_3 et β_4 définissent ensuite M_3 et M_4; γ_7 (ancienne raie γ_2) et γ_3 donnent les deux derniers anneaux N qui fixent la position du précédent. L_1 et L_2 sont alors fournis par β_2 et γ_1. Enfin β_1 et α_2 donnent M_2 et α_1 fixe M_1. La raie α_3 est obtenue par une extrapolation précise (l'étain suit l'indium, $\alpha_3 = 3580$) et l'on voit alors qu'elle ne peut trouver son origine que dans la combinaison M_5L_2, c'est-à-dire qu'elle se confond avec la raie η des éléments plus lourds. A titre de vérification, le niveau M_5 fut déterminé par l extrapolée linéairement sur le graphique de Moseley. Celui-ci montre, en outre, que l'extrapolation de η conduit à α_3.

II. Duane et Fricke ont récemment mis en doute l'existence de raies d'absorption au voisinage des discontinuités d'absorption du spectre X. Nous avons incidemment observé deux exemples de ces phénomènes, si nets et si intenses, que nous croyons devoir les présenter.

1° Nous avons déjà signalé que la limite L_1 de l'uranium présentait une raie blanche située entre les deux plages uniformes, d'opacité différente,

(1) Les raies K de l'étain ne sont pas connues avec assez de précision pour pouvoir être utilisées dans ce but.

qui correspondent aux deux régions d'inégale absorption définies par la discontinuité.

2° La limite K du brome tombe, dans le spectre de l'uranium, entre les raies α_1 et α_2. Une ligne noire, *aussi intense que* α_2 et beaucoup plus opaque que le fond continu de plus haute fréquence, est visible sur tous les clichés de premier ordre pur très posés qui offrent ainsi l'aspect d'un véritable doublet. Cette ligne occupe la région de transition des deux plages continues. Un écran de KBr cristallisé (ion Br^-), d'épaisseur variable, interposé sur une partie de la hauteur de la fente, *renverse cette ligne noire*, due à l'ion Br^- des cristaux de AgBr de l'émulsion, *en donnant une ligne blanche*, alors que la raie α_2 de U est à peine absorbée. Un écran de CH^3Br gazeux ne montre pas de déplacement de la limite apparente d'absorption ($\lambda = 918,8$), ce qui semble indiquer que la raie d'absorption K du brome existe encore dans l'absorbant. Ces raies ont la même largeur que les raies d'émission, c'est-à-dire qu'elle ne s'étendent pas sur un intervalle spectral appréciable. Leur existence fait que toutes les discontinuités sont mesurées avec une longueur d'onde un peu trop grande.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Tension superficielle des couches monomoléculaires.* Note de M. A. **Marcelin**, présentée par M. G. Urbain.

On sait depuis les beaux travaux de Rayleigh que certains corps gras liquides s'étendent sur l'eau en formant des couches dont l'épaisseur est de l'ordre du diamètre moléculaire (¹). On pensait généralement que la couche dite « d'extension maximum » était faite de molécules au contact, la tension superficielle décroissant progressivement et assez rapidement quand l'extension diminuait, et variant très lentement à partir du moment où la couche formait un double lit de molécules.

Je crois avoir mis en évidence une discontinuité que l'on peut comparer à la liquéfaction d'une vapeur. J'avais déjà montré pour l'acide oléique (en 1913) que :

Toute quantité du corps déposée sur l'eau déjà recouverte d'une couche d'épaisseur définie et sensiblement double de celle qui correspond à l'extension dite *maximum*, ne subit plus l'extension spontanée et demeure à l'état

(¹) Rayleigh, *Philosophical Magaz.*, t. 48, 1899. — Devaux, *Revue génér. des Sc.*, février 1913. — A. Marcelin, *Ann. de Phys.*, 1913. — Langmuir, *Journal of the american chemical Soc.*, septembre 1917, etc.

de globules petits ou gros (phase à trois dimensions) : *la couche peut alors être considérée comme saturée.*

Après la guerre j'ai repris cette étude, et j'ai pu par des mesures de tension superficielle, pour l'acide oléique et pour d'autres corps, confirmer et préciser cette discontinuité. Si l'on réduit progressivement la surface occupée par une quantité donnée d'acide oléique, on voit la tension décroître, puis brusquement se fixer à une valeur définie, absolument comme la pression d'une vapeur quand le liquide se forme ; l'expérience est frappante. Il est probable que cette discontinuité avait échappé à Rayleigh parce qu'il opérait sur des mélanges.

On pourrait appeler *pression de saturation* de la couche, la différence constante des tensions superficielles de l'eau pure et de l'eau recouverte d'une couche saturée.

Le dispositif que j'ai employé pour mesurer les abaissements de tension de l'eau, est basé sur le même principe que celui imaginé par Langmuir :

Une cuve rectangulaire est remplie d'eau jusqu'au bord. Une bandelette de papier paraffiné partage la surface en deux parties rectangulaires, l'une de ses extrémités onge d'aussi près que possible, mais sans le toucher, l'un des bords de la cuve, l'autre extrémité s'appuie sur le bord opposé qui porte un axe vertical autour duquel peut pivoter la bandelette.

L'acide oléique déposé sur l'une des deux parties de la surface abaisse la tension superficielle : la bandelette pivote, donnant l'apparence soit d'être attirée par l'eau pure, soit d'être repoussée par l'acide oléique.

L'extrémité mobile de la bandelette commande un petit levier vertical mobile autour d'un axe de torsion, constitué par un fil d'acier tendu horizontalement au-dessus de la cuve, parallèlement à la bandelette. Une torsion mesurable du fil d'acier peut maintenir la bandelette dans sa position normale, quelle que soit la différence des tensions superficielles des deux surfaces.

La translation d'une seconde bandelette appuyée sur les deux bords de la cuve, parallèlement à la bandelette pivotante, réduit à volonté la surface occupée par l'acide ; elle joue le rôle d'un piston comprimant un fluide à deux dimensions.

Pour diverses valeurs de la surface S, la tension T de la couche est ainsi mesurée, et l'on peut construire la courbe $T = f(S)$.

Acide oléique. — La courbe met en évidence les deux points A et B correspondant l'un à l'« extension maximum », l'autre à la saturation de la couche et à l'apparition de la phase à trois dimensions (globules). A partir de ce point B, la courbe présente un palier horizontal qui se prolonge lorsque la surface tend vers zéro, en raison de la surface négligeable des disques lenticulaires qui se sont formés.

La pression de saturation est de 31 dynes-centimètres. Le rapport $\frac{S_A}{S_B}$ des surfaces d'extension maximum et de saturation est 2,15.

Isobutylcamphol. — Ce corps solide est spontanément extensible, mais il est un peu soluble dans l'eau, ce qui force à opérer rapidement. On trouve 20 pour la pression de saturation et 2,7 pour le rapport $\frac{S_A}{S_B}$.

Gomme gutte. — Elle n'est pas spontanément extensible; on forme la couche mince en se servant d'une dissolution titrée dans la benzine.

La courbe des tensions présente le même aspect que pour l'acide oléique, avec palier horizontal, mais un nouveau point de discontinuité apparaît: à partir d'une valeur bien déterminée S_C de la surface, la pression croît définissant un nouveau point anguleux C dont l'étude se poursuit [1].

Il est à signaler que la dilution des solutions titrées doit être assez grande (0,2 pour 1000) pour ne plus influer sur l'épaisseur statistique e de la couche en extension maximum. Cette condition réalisée, on trouve $e = 0,77\,\mathrm{m}\mu$.

Le rapport $\frac{S_A}{S_B}$ est de 1,7. Le rapport $\frac{S_B}{S_C}$ est de 2,2. La pression de saturation est égale à 28; elle est indépendante du titre de la dissolution dans la benzine, ce qui s'explique probablement par la formation d'îlots rigides n'altérant pas la pression T_B dans le cas des fortes concentrations.

Les résultats relatifs à d'autres corps, même solubles ou volatils, seront publiés ultérieurement.

On peut se demander comment est constituée la couche en extension maximum et comment elle se modifie lorsqu'on passe à la couche saturée.

Le rapport $\frac{S_A}{S_B}$ étant sûrement différent de 2 pour certains corps, il n'y a pas lieu de supposer que la couche saturée est bimoléculaire.

Langmuir pense : 1° que les molécules sont toujours debout, orientées perpendiculairement à la surface en raison de l'affinité pour l'eau de l'une des fonctions de leur chaîne; 2° qu'elles sont juxtaposées dans l'extension maximum. Cette seconde partie de l'hypothèse ne rend pas compte de la généralité du phénomène de saturation.

Si les molécules sont orientées comme le suppose Langmuir, on peut remarquer qu'elles sont équivalentes à des multipôles électriques parallèles

---

(1) Les courbes présentées par Langmuir (1917) présentent des discontinuités analogues sur lesquelles Langmuir ne semble pas avoir arrêté son attention.

qui doivent se repousser suivant une fonction rapidement décroissante de leur distance, action qui devient sensible à partir du point A et expliquerait peut-être la forme de la courbe AB. D'autres actions pourraient d'ailleurs intervenir que je m'efforcerai de discuter.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variations du pouvoir catalytique dans les électroplatinosols.* Note [1] de M. A. DE GREGORIO ROCASOLANO, transmise par M. P. Sabatier.

Dans une Communication antérieure [2], nous avons rendu compte de quelques observations faites sur le vieillissement des colloïdes par l'étude faite dans l'intervalle de quelques jours, sur les variations qu'ils présentaient dans leur pouvoir catalytique. Nous avons continué notre étude sur ce point, mais en orientant notre travail vers le processus d'évolution que subissent incessamment les systèmes colloïdaux, et en vérifiant dans plusieurs cas que les colloïdes, considérés comme catalyseurs, souffrent, même dans des périodes de temps très courtes, des variations intenses dans leur pouvoir catalytique.

En nous référant aux électroplatinosols, nous avons fait plusieurs séries d'expériences en catalysant la décomposition de l'eau oxygénée. Dans une de ces expériences, nous avons suivi pendant 30 heures consécutives, en produisant à chaque heure une réaction avec le même électroplatinosol de 0,0016 pour 100, divisé en deux parties, l'une d'elles sans stabilisation, et l'autre en stabilisant le système en ajoutant $0^{cm^3},3$ de solution aqueuse de gélatine au 3 pour 100, pour cent de colloïde. Toutes les réactions étudiées étaient dans les mêmes conditions de masse, agitation et température (35°), et nous avons trouvé que pour le colloïde non stabilisé, le tant pour 100 d'eau oxygénée décomposée au bout de 24 heures de réaction catalytique atteignit dans chaque cas, exprimées en ordre corrélatif, les valeurs suivantes :

44,11	39,90	45,51	45,51	45,01	41,31	36,27	33,74	35,75
46,36	38,30	34,59	29,25	29,88	43,27	46,70	36,27	45,80
42,15	46,70	41,87	46,07	52,30	43,27	47,19	34,30	43,00
47,75	35,71	47,19						

L'intensité de l'action du catalyseur est donc très différente dans des

(1) Séance du 14 juin 1921.
(2) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 301.

systèmes qui ne se distinguent qu'en ce que chaque réaction commença à s'initier avec la différence de temps d'une heure.

En opérant avec le même colloïde, mais stabilisé, de la manière que nous avons indiquée, la quantité d'eau oxygénée, décomposée au bout de 24 heures de réaction, est représentée dans chaque cas consécutif, par les nombres suivants :

16,65	15,87	16,65	15,24	15,53	15,33	13,07	14,68	14,97
16,65	16,00	13,18	14,12	14,97	15,24	14,40	14,68	14,12
14,40	15,87	15,53	14,97	14,97	14,97	15,53	14,97	13,56
19,21	16,93	15,53						

Dans les conditions où les expériences ont été réalisées, ces différences de pouvoir catalytique, comme les antérieures, ne peuvent pas être attribuées à ce que le colloïde a, dans chaque cas, une différence d'âge d'une heure.

Nous avons observé aussi les variations de pouvoir catalytique que souffrent les électroplatinosols dans des espaces de temps plus petits avec des différences de 5 minutes dans l'âge du catalyseur. Les nombres qu'expriment la quantité pour 100 d'eau oxygénée décomposée au bout de 24 heures de réaction à 35°, dans une série d'expériences, sont les suivants, pour un électroplatinosol sans stabiliser :

56,50	56,65	47,42	56,48	42,14	52,15	50,78	40,96	53,00
48,20	50,00	47,60	45,76	46,50	44,18	57,40	50,00	46,50

Et pour le même colloïde stabilisé de la manière indiquée dans le cas antérieur, les nombres qu'expriment la variation de pouvoir catalytique, obtenus comme dans le cas intérieur, sont les suivants :

14,68	14,97	14,40	14,68	14,12	13,28	13,56	14,97	15,53
15,24	14,40	14,09	13,56	13,07	13,07	14,68	15,24	14,68

Nous déduisons de ces expériences, non seulement que, dans chaque cas, et même dans des périodes de temps très petites, le pouvoir catalytique des électroplatinosols varie, mais que ces variations sont beaucoup plus intenses dans les colloïdes non stabilisés que dans les mêmes systèmes stabilisés.

Comme conséquence de nos recherches sur la constitution chimique de la micelle disperse dans les électroplatinosols, nous attribuons ces variations, que nous observons dans le pouvoir catalytique de ces systèmes, à des variations incessantes de composition (concentration en oxygène) que

souffrent ces particules disperses, et nous déduisons des travaux que nous citons dans cette Note, que le stabilisateur agit en refrénant le processus de constante transformation expérimenté par les colloïdes.

Les études que nous avons réalisées sur l'évolution des colloïdes nous ont conduit à mesurer, dans des espaces de temps différents, la charge électrique de quelques systèmes colloïdaux, et nous avons toujours observé des variations en fonction du temps pour le même colloïde et à la même température.

En nous rapportant au cas d'électroplatinosols non stabilisés, les variations maxima observées dans une série d'expériences sont représentées par les nombres $10^{-5}.0,5068$ et $10^{-5}.0,8730$, tandis qu'une autre portion du même colloïde stabilisé à la gélatine, comme nous l'indiquons au commencement de cette Note, présenta comme différence maxima dans les mêmes espaces de temps $10^{-5}.0,9233$ et $10^{-5}.1,3696$.

Ces nombres nous montrent non seulement la variation de charge électrique avec le temps dans les systèmes colloïdaux, mais aussi que la charge électrique d'un colloïde augmente quand le colloïde se stabilise.

Or, dans cette Note et dans d'autres recherches que nous avons réalisées, nous démontrons que, dans le colloïde stabilisé, le pouvoir catalytique est plus petit; en d'autres termes, que la stabilisation du système fait diminuer le pouvoir catalytique, et comme d'autre part la stabilisation fait augmenter la charge électrique, il faut en conclure que ce n'est pas la charge électrique du système colloïdal qui constitue le siège de son pouvoir catalytique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un molybdo-quinate d'ammonium.* Note de M. **Georges Tanret**, présentée par M. L. Maquenne.

Comme l'acide tartrique et l'acide malique, l'acide quinique subit une augmentation sensible de pouvoir rotatoire lorsqu'à sa solution on ajoute des quantités progressivement croissantes d'un molybdate alcalin acide, tel que l'heptamolybdate d'ammoniaque (Rimbach et Schneider, 1903).

Dans un précédent travail (¹), j'ai montré que la courbe traduisant cette variation de pouvoir rotatoire passe par deux maxima entre lesquels s'intercale un minimum : j'ai, de plus, observé que la valeur numérique de

---

(¹) G. Tanret, *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 234, et *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. **29**, p. 223.

ce minimum diminue avec le temps, tandis que se dépose un polymolybdate dont la précipitation entraîne un nouvel état d'équilibre de la solution. C'est de ce sel que j'apporte ici l'analyse.

On le prépare en dissolvant 10^{g} d'acide quinique et $7^{g},50$ de molybdate d'ammoniaque dans 140^{cm^3} d'eau (soit 1^{mol} d'acide pour $\frac{1}{8}$ de molécule de sel). Abandonnée à elle-même la solution dépose lentement un corps peu soluble dont la précipitation n'est complète qu'au bout de plusieurs semaines (2 mois et demi à 12°) : on le recueille sur filtre, lave à l'eau et sèche à l'air.

C'est une poudre blanche, microcristalline, de filtration souvent difficile à cause de sa ténuité. Elle est presque insoluble dans l'eau froide, un peu plus soluble dans l'eau chaude : elle se dissout dans les alcalis étendus, dans NO^3H à $\frac{1}{10}$, dans un excès d'acide quinique. Un excès de molybdate d'ammoniaque ne la dissout pas.

Une analyse rapide permet d'y déceler, à côté d'acide molybdique, la présence de matière organique et d'ammoniaque. Le dosage rigoureux des éléments lui assigne la composition $[MoO^3, NH^3, C^7H^{12}O^6] + 0,5H^2O$. Il s'agit donc d'un complexe répondant à la formule d'un molybdo quinate d'ammonium

$$MoO^2\langle{}^{O.C^7H^{10}O^5(NH^4)}_{OH} + Aq,$$

le départ de l'eau de cristallisation se faisant, du reste, sur l'acide sulfurique (1).

La réaction est naturellement plus rapide à chaud qu'à froid. C'est ainsi qu'à 100°, au bout de 12 heures, elle a atteint (mesurée au polarimètre) les $\frac{43}{100}$ de sa valeur normale; mais en même temps elle se complique de la formation de trimolybdate d'ammonium, sel assez peu soluble, qui, si les lavages ne sont pas suffisamment abondants, vient souiller le molybdo-quinate et augmenter sa teneur en MoO^3. C'est aussi cette même limite qui a été atteinte au bout de 12 heures de chauffe à 100° avec SO^4H^2 à 3 pour 100.

En solution à $\frac{1}{30}$ dans NO^3H au dixième, ce corps a un pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -22°,5$. Si à partir de ce chiffre on calcule le pouvoir rotatoire de l'acide entrant en combinaison dans ce sel, on le trouve égal à $-42°,4$, qui est justement celui de l'acide quinique.

La formation de ce complexe permet de comprendre les anomalies de la courbe mentionnée plus haut. Un excès de molybdate ($0^{mol},5$) mis en présence d'acide quinique (1^{mol}) donne un composé, non encore isolé, dont $[\alpha]_D$ paraît voisin de $-72°$; mais si la quantité de molybdate entrant

---

(1) La formule d'un quino-molybdate d'ammonium $MoO^2\langle{}^{O.C^7H^{11}O^5}_{O.NH^4}$ apparaît comme aussi vraisemblable, l'éthérification portant dans les deux cas sur un groupement alcoolique de l'acide quinique.

en réaction est insuffisante, le molybdo-quinate précédent prend naissance et tend à se précipiter, appauvrissant la solution en acide quinique, d'où la chute de déviation polarimétrique si marquée sur la courbe.

Ce corps est, dans la série des acides-alcools, un des rares complexes définis qui aient été isolés jusqu'ici. Il est à rapprocher de celui que, dans le groupe des alcools polyatomiques, j'ai récemment décrit comme résultant de l'action du molybdate d'ammoniaque sur la mannite (¹).

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Correspondance des plateformes fluviales et des rivages.* Note (²) de M. **Jovan Cvijić**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans le relief manquent souvent les liaisons visibles entre les hautes plateformes et les rivages qui leur correspondent. On peut rarement suivre sans interruption une plateforme fluviale de son bord supérieur à son rivage. Une fois établie, elle a été détruite par l'érosion et par le développement de plateformes plus basses. Néanmoins j'ai pu fixer la liaison entre les plateformes et leurs rivages en deux cas.

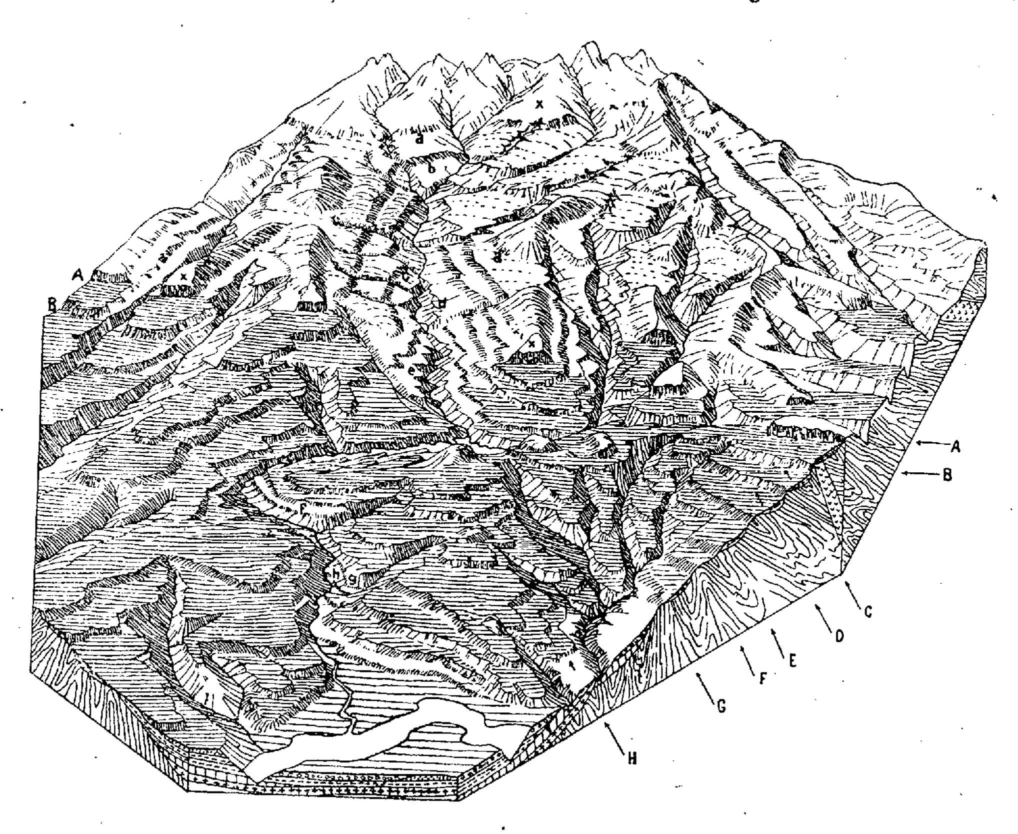
Ainsi dans les boucles de la vallée de l'Ibar, à 140^m-150^m au-dessus du fleuve, une terrasse caractéristique s'est bien conservée. Elle surplombe les méandres encaissés. Celle située à la lisière du bassin pannonien, près de Kraljevo, passe au rivage E de la phase de Ripanj (320^m). Au-dessus de cette terrasse se trouvent les quatre plateformes fluviales *d*, *c*, *b* et *a*; par suite elles correspondent probablement aux rivages D, C, B et A.

En amont de cet endroit, dans la boucle de Krivaca, il y a une terrasse de 210^m au-dessus du thalweg de l'Ibar. Elle passe vers Kraljevo au rivage D de la phase de Kacer. Elle monte lentement vers le cours supérieur de l'Ibar, s'élargit autour du village de Drazinici et présente là les caractères d'une plateforme fluviale typique; c'est la plateforme *d*. Par suite, il est très vraisemblable que les plateformes fluviales *c*, *b* et *a* correspondent aux rivages C, B et A.

J'ai essayé de représenter les relations entre les rivages et les plateformes ainsi que la formation successive des plateformes fluviales sur le croquis et sur le bloc diagramme ci-joints. Commençons par la plateforme *a*. Elle se forma pendant la phase littorale A, c'est-à-dire au début du Pontien, par la destruction d'une surface prépontienne (x). Celle-ci n'était pas la surface

(¹) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1500.
(²) Séance du 27 juin 1921.

tectonique créée par le plissement oligomiocène du système dinarique ; cette dernière avait été disséquée et abaissée au cours du deuxième étage méditerranéen et du Sarmatien ; les couches marines de ces étages se trouvent au



Développement successif des terrasses d'abrasion et des plateformes fluviales correspondantes. Même légende que pour le croquis d'une Note précédente (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1544). Le bloc diagramme montre nettement la différence de relief entre les terrasses d'abrasion et les plateformes fluviales. Les unes et les autres coupent les terrains plus anciens constitués de roches secondaires plissées. On remarque sur le bord du bassin pannonien une série de couches du deuxième étage méditerranéen, du Sarmatien et du Pontien. Seules ces dernières couches se trouvent dans les terrasses d'abrasion jusqu'à 900^m.

bord du bassin pannonique, donc beaucoup plus bas que celles du Pontien. Le relief littoral créé avant le Pontien fut anéanti par la transgression pontienne. Dans la surface d'érosion élaborée pendant le deuxième étage méditerranéen et le Sarmatien et située au-dessus de 960^m, se forma la nouvelle plateforme *a*.

Il subsiste des témoins de cette plateforme prépontienne dans les parties abritées contre l'érosion, çà et là sur les lignes de partage des eaux des

fleuves principaux et immédiatement au-dessus des falaises de Mackat (A). Les rivages pannoniques s'abaissaient au Pliocène successivement de la plateforme de Mackat (A) jusqu'à celle de Bulbuldère (H). D'abord le rivage recula de A vers B, où s'élabora un nouveau rivage. Dès le début de son retrait, une nouvelle plateforme fluviale prit naissance dans la plateforme précédente *a* et au détriment de cette plateforme. Ainsi s'est formée une plateforme nouvelle et plus basse *b*. De même façon s'élaborèrent les plateformes fluviales *c* et *d* dans les plateformes précédentes et à leur détriment. Chacune d'elles peut porter des témoins de plateformes plus élevées.

Même sur les îlots montagneux qui apparaissent sur les terrasses d'abrasion, à plus de 960^m d'altitude (montagnes de Povlen, Maljen, Rudnik et autres), il y a des traces de rivages marins et lacustres; mais les plateformes fluviales qui s'y sont développées au-dessus du niveau de Mackat (A) sont moins accusées que celle de la terre ferme de l'époque pliocène.

La répartition géographique des différentes plateformes fluviales est réglée par trois causes principales :

1° Plus un rivage est rapproché de la ligne primitive de partage des eaux, plus l'érosion qui lui correspondait a pu s'étendre en altitude dans le bassin fluvial. Elle a pu atteindre même la ligne de partage des eaux; la plateforme correspondante à ce rivage s'étendra plus haut que les autres.

2° Plus la dénivellation entre deux rivages successifs est grande, plus l'érosion sera intense et plus elle poussera vers la ligne de partage des eaux.

3° L'érosion partant d'un rivage est en partie fonction de la durée d'immobilité de ce dernier.

Le rivage A, de 960^m d'altitude, était le plus proche de la ligne de partage des eaux; il resta longtemps immobile. Par suite, la plateforme fluviale lui correspondant fut poussée jusqu'à la ligne de partage des eaux ou presque. Les rivages postérieurs B, C et D en étaient plus éloignés et d'une durée d'immobilité moins grande; aussi les plateformes qui leur correspondaient ont-elles par suite une étendue plus limitée vers le haut. Toutefois, l'une ou l'autre d'entre elles a pu être par endroits favorisée par certaines conditions, une moindre résistance des roches par exemple, et, par suite, s'avancer à travers les plateformes supérieures jusqu'à la plus haute.

Les rivages suivants et plus récents, E, F, G, décroissent successivement en altitude. Ils sont séparés par des dénivellations de plus en plus faibles et s'éloignent de plus en plus de la ligne de partage des eaux. Il en résulte qu'ils sont le point de départ d'une érosion de moins en moins intense.

Celle-ci n'élabora que des terrasses rocheuses en général dans la région des anciennes terrasses d'abrasion, rarement dans les plateformes fluviales de la région situées au-dessus du rivage A (Mackat).

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Labiées. Développement de l'embryon chez le* Glechoma hederacea *L. et le* Lamium purpureum *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

L'embryon du *Mentha viridis* (¹) peut être pris pour type du développement embryonnaire chez les Labiées. Les lois qui régissent la marche des segmentations y sont simples, régulières et aussi constantes que possible.

Chez le *Glechoma hederacea*, on retrouve ces mêmes lois, sujettes néanmoins à des variations importantes. La plupart des formes rencontrées peuvent être rangées en une série normale, tout à fait comparable à celle que l'on observe chez le *Mentha viridis;* beaucoup d'individus s'écartent cependant du processus ordinaire du développement et d'autres apparaissent franchement anormaux ne pouvant, en quoi que ce soit, être rattachés à aucun des types réguliers. Les variations commencent à se montrer à partir de la formation de la tétrade; elles peuvent se produire dans le mode de constitution des octants, dans la différenciation plus ou moins précoce des histogènes, dans l'origine de l'hypophyse et dans l'ordre selon lequel se succèdent les segmentations dans l'intérieur de ce tissu.

Chez le *Lamium purpureum*, on n'observe pas les règles de l'embryogenèse du *Mentha* ou du *Glechoma*, mais celles qui ont été décrites au sujet du *Senecio vulgaris* (²) et de l'*Urtica pilulifera* (³). Par exemple, après formation de la tétrade (*fig.* 1, 3, 4), les quadrants (*q*, *fig.* 6) qui se constituent par division verticale des deux cellules supérieures juxtaposées, se segmentent obliquement, pour engendrer huit éléments : quatre éléments α, voisins de l'axe, et quatre éléments β, extérieurement placés. Ces huit éléments restent disposés dans un même plan et représentent l'étage

---

(¹) R. Souèges, *Embryogénie des Labiées. Développement de l'embryon chez le* Mentha viridis *L.* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1057).

(²) R. Souèges, *Embryogénie des Composées. Les premiers stades du développement de l'embryon chez le* Senecio vulgaris *L.* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 254); *Les derniers stades du développement* (*Ibid.*, p. 357).

(³) R. Souèges, *Embryogénie des Urticacees. Développement de l'embryon chez l'*Urtica pilulifera *L.* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1009). Voir aussi *Bull. Soc. bot. France*, t. 68, p. 172, séance du 8 avril 1921.

supérieur du proembryon à seize cellules. Celui-ci, dans son ensemble, se montre nettement divisé en cinq étages : q, m, n, o et p (*fig.* 7). L'étage q donne naissance à la partie cotylée; les deux cellules α et β se cloisonnent selon les règles générales qui ont été exposées au sujet de l'*Urtica pilulifera;* dans la figure 13, on peut voir comment se sont différenciées, aux dépens de α et de β, les cellules mères du méristème vasculaire (*mv*), du méristème cortical interne (*mc'*) et externe (*mc*) du futur cotylédon. L'hypocotyle s'édifie aux dépens de l'étage m; l'étage n engendre les initiales de l'écorce au sommet radiculaire; l'étage o contribue à la formation de la partie

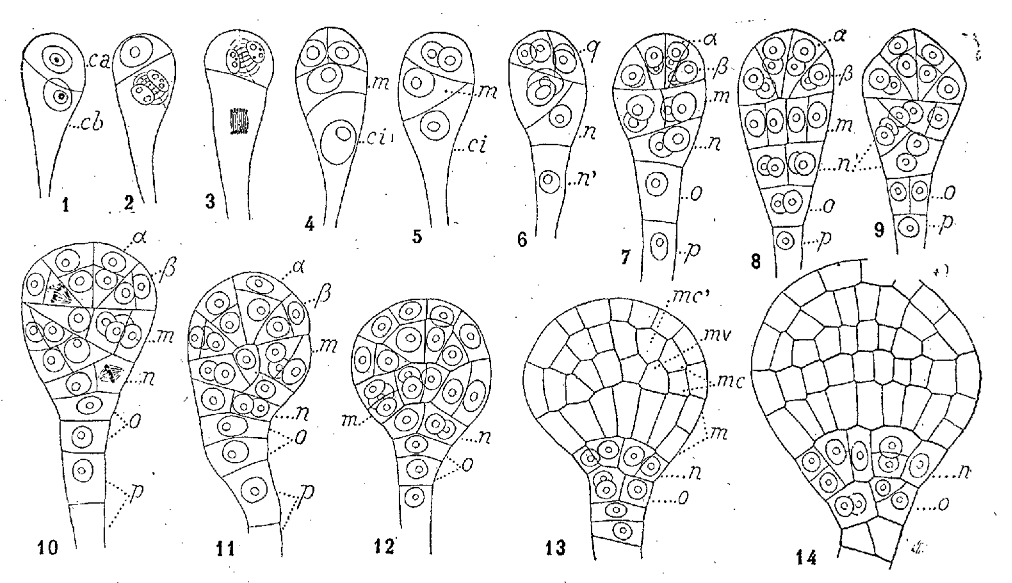


Fig. 1 à 14. — *Lamium purpureum L.* — Les principales étapes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellules apicale et basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, les deux cellules inférieures de la tétrade; *q*, *m*, *n*, *o* et *p*, les cinq étages du proembryon à seize cellules; α et β, cellules filles d'un quadrant; *mc* et *mc'*, cellules mères du périblème cotylédonaire; *mv*, cellule mère du plérome cotylédonaire G. : 420.

médiane de la coiffe et la cellule inférieure p se différencie en un suspenseur filamenteux.

Les segmentations ne suivent pas une marche toujours régulière et les principales variations que l'on peut signaler résident : 1° dans le mode de construction de la tétrade dont les deux cellules inférieures, m et ci, sont séparées fréquemment par une cloison oblique (*fig.* 2, 5); 2° dans la participation de l'étage n à l'édification d'une partie plus ou moins importante de l'hypocotyle, soit que n provienne d'une tétrade semblable à celle de la figure 5, soit que les éléments, nés dans son intérieur, se segmentent, plus tard, horizontalement pour engendrer plusieurs assises cellulaires (*fig.* 14); 3° dans la genèse de la portion centrale de la coiffe qui peut tirer son origine de la cellule o tout entière (*fig.* 8, 9, 13, 14) ou de sa cellule fille supérieure (*fig.* 10, 11, 12).

On peut voir, somme toute, que les caractères embryogénétiques du *Lamium* sont, dans leurs traits généraux, comparables à ceux du *Senecio* ou de l'*Urtica*. Comme ce sont, par essence, des caractères primitifs, ces trois groupes de plantes semblent donc devoir se rattacher à des ancêtres communs. La question serait alors de savoir comment les caractères morphologiques acquis par l'adulte et si différents dans les trois cas sont venus se superposer aux caractères originels.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la germination des spores, sur la nutrition et sur la sexualité chez les Myxomycètes.* Note de M. **P.-E. Pinoy**, présentée par M. Roux.

Mes travaux sur les Myxomycètes ayant été contredits sur certains points, j'essaierai de répondre par des expériences.

Du fait que l'on peut obtenir la germination des spores de Myxomycètes dans l'eau pure stérilisée, M. Skupienski [1] déduit que les Bactéries ne jouent aucun rôle dans ce phénomène. Les Bactéries ne sont-elles donc pas capables de se développer dans l'eau pure, surtout lorsqu'elles ont une trace de matière organique représentée dans l'occurence par les spores du Myxomycète? Il suffit, pour se convaincre du contraire, d'ensemencer des plaques de gélose nutritive avec l'eau où ces spores ont séjourné. On peut voir également que si l'on prélève l'eau pure primitivement stérile dans laquelle les spores, soit de *Didymium nigripes*, soit de *Dictyostelium mucoroides* ont germé, et qu'on l'ensemence dans du bouillon, le bouillon se trouble au bout de peu de temps. L'eau renfermait donc des Bactéries, apportées avec les spores du Myxomycète. Quelle est l'action des Bactéries? Je crois qu'il s'agit d'une action sur la membrane, parce que bien souvent j'ai trouvé, précisément dans les cas de germination dans l'eau pure stérilisée, des Bactéries groupées comme des épines tout autour de la spore du Myxomycète.

Quant à la sexualité chez les Myxomycètes, j'ai dit que j'avais obtenu *expérimentalement* trois sortes de plasmodes chez le *Didymium nigripes*: le plasmode formé par des myxamibes (+) et (−) et qui fructifie (dans la nature, c'est le cas le plus ordinaire); le plasmode formé uniquement par

---

(1) *Bull. Soc. mycologique de France*, t. 37, 1921, p. 44.

des myxamibes (+) et qui ne fructifie pas; le plasmode formé uniquement par des myxamibes (—) et qui ne fructifie pas. Ces plasmodes, ne renfermant que des myxamibes (+) ou que des myxamibes (—), ne peuvent être obtenus qu'expérimentalement. Or j'ai montré que les plasmodes (+) et les plasmodes (—) ainsi obtenus ne peuvent pas s'unir entre eux et qu'il est indispensable, pour que la fusion puisse s'opérer, que le Myxomycète soit revenu, par l'intermédiaire des sclérotes, à l'état d'individus myxamibe (+) et myxamibe (—); la fusion de ces myxamibes de signe différent donne de nouveau un plasmode capable de fructifier. Jahn [1] et Skupienski ne vérifieraient donc microscopiquement que ce que j'ai établi expérimentalement. Il est à noter aussi que mes expériences avaient été faites avant que Jahn n'ait reconnu son erreur au sujet de la fusion des noyaux dans le plasmode.

Au point de vue de la nutrition des plasmodes, j'ai observé, comme M. Skupienski, la pénétration des plasmodes dans la gélose, et j'irai plus loin que lui parce que j'ai trouvé de la gélose dans les vacuoles des plasmodes, gélose dont une partie est rejetée au moment de la fructification, mais dont il reste encore des parcelles comme corps étranger soit dans le pied, soit dans l'intérieur même du sporange. Le phénomène est le suivant :

Le plasmode, pour s'accroître, absorbe par osmose beaucoup d'eau, qu'il prend à la gélose. Dans ces conditions la gélose, dans les points touchés par le plasmode du Myxomycète, s'affaisse, parce qu'elle perd de l'eau, et l'empreinte du myxomycète s'incruste dans la gélose. De plus, dans les mailles du réseau si fin et si élégant formé par le plasmode, de très petites particules de gélose encore gonflée d'eau sont incluses, qui finalement se dessèchent et sont incorporées dans les vacuoles du Myxomycète comme un corps étranger, une Amibe, une spore de Champignon ou des globules sanguins, par exemple.

Quant à la propriété qu'aurait le plasmode des Myxomycètes de digérer du mycélium de Champignons, il est impossible de l'affirmer sans une expérience décisive. Je doute que cette propriété existe, parce que, là aussi, il faut envisager l'action des Bactéries associées et la grande avidité pour l'eau du plasmode des Myxomycètes, qui peut dessécher et tuer des filaments sans, pour cela, les digérer.

---

(1) *Berichte der deut. bot. Gesellschaft*, t. 29, 1911.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les substances mucilagineuses de* Laminaria flexicaulis. Note de Mme Z. **Gruzewska**, présentée par M. L. Maquenne.

Les mucilages étudiés par moi ont été préparés en partant des algues fraîches ou traitées par la chaux (procédé de M. Lapicque); l'extrait fait à froid a été précipité par l'alcool. Dans d'autres cas l'extraction a été effectuée avec une solution légèrement alcaline (0,5 pour 100 de soude), et la substance précipitée par les acides. Sans entrer pour le moment dans les détails des opérations, il faut ajouter seulement que dans chaque préparation la substance obtenue a été filtrée et reprécipitée plusieurs fois par le même procédé qu'on a employé pour l'extraire de l'algue. A l'état sec le mucilage se présente sous forme d'un tissu compact, filamenteux, qui se fragmente mais ne se réduit pas en poudre.

La substance, précipitée par l'alcool, se gonfle, puis se solubilise en présence de l'eau froide.

Si l'on emploie l'acide comme agent précipitant, la substance ne se dissout ni à froid, ni à chaud; il faut une faible alcalinité du milieu pour la dissoudre. Dans les deux cas les solutions sont visqueuses et toujours un peu jaunâtres (pigment des algues). Standford a signalé dans les Fucoïdées un mucilage auquel il donne le nom d'*algine* et qui, d'après lui, contient 3 pour 100 d'azote. Schmiedeberg le considère comme un acide *laminarique*, Krefting le désigne sous le nom d'acide *algique*. Enfin, Kylin en sépare trois substances : la *fucoïdine*, l'*algine*, et la *fucine*. Toutes donnent les réactions des pentoses ou des méthylpentoses et s'hydrolysent difficilement et incomplètement. Le sucre de la fucoïdine seul a été caractérisé, c'est du fucose. Leur pouvoir rotatoire varie entre $[\alpha]_D = -220°$ et $[\alpha]_D = -120°$.

Les solutions à 1 pour 100 du mucilage préparé par moi précipitent complètement par l'acétate de plomb, le sous-acétate de plomb, le nitrate mercurique, l'eau de chaux, le sulfate de cuivre, les acides et l'alcool (souvent l'aspect du précipité varie avec l'agent précipitant employé). Elles ne précipitent pas par un volume de sulfate d'ammoniaque, de sulfate de magnésie et de sulfate de soude à saturation, mais le précipité se produit si l'on ajoute quelques cristaux de ces deux premiers sels à une solution de mucilage à 1 pour 100.

Les solutions concentrées, sirupeuses, ne se prennent jamais en gelée. La

pectase du jus de carottes étant sans action, on devrait plutôt classer ces substances dans les mucilages que dans les pectines.

Le précipité de notre mucilage regardé au microscope présente des filaments gélatineux et de petites granulations réfringentes qui les teintent. Pendant la dialyse, à mesure que les sels s'éliminent, les granulations se déposent au fond du dialyseur. Il y en a peu et la séparation en est difficile. Aussi pour le moment nous n'insisterons pas sur la nature de ces deux corps séparés.

Le pouvoir rotatoire d'une solution mucilagineuse alcaline à $0^g,752$ pour 100 donne $[\alpha]_D = -150°,4$.

L'azote a été déterminé par la méthode de Kjeldahl. Dans un cas, sur $0^g,300$ de substance, on a trouvé 0,28 pour 100 d'azote; dans l'autre, le titrage n'a rien donné. Il semble bien que l'azote n'intervient ici que comme impureté.

On sait que les pectines et les mucilages s'hydrolysent difficilement par des faibles quantités d'acides et laissent toujours une plus ou moins grande quantité de résidu, désigné par différents auteurs sous le nom de *celluloses* ou *hémicelluloses*.

Les hydrolyses que j'ai effectuées sur les mucilages ont été faites avec 5 pour 100 de HCl et le chauffage prolongé (au bain-marie bouillant) pendant 4 à 5 heures, le sucre déterminé par la méthode de G. Bertrand; sa quantité varie avec l'état plus ou moins soluble de la substance. Le résidu non hydrolysable a été repris par le même solvant qu'on a employé pour la substance mère; c'est-à-dire qu'on l'a dissous, après avoir éliminé la solution sucrée, dans une solution de soude à $0^g,5$ pour 100. Après neutralisation on ajoute 5 pour 100 de HCl et l'on hydrolyse pendant le même temps que précédemment, ce qui donne une nouvelle quantité de sucre. Ainsi par des hydrolyses successives (dans certains cas 8 à 9) on arrive à décomposer presque la totalité de la substance mise en action. Dans une série d'opérations effectuées sur $1^g,9$ de substance pour 100^{cm^3}, on a trouvé les quantités suivantes de sucre, exprimées en glucose : 1° $1^g,475$; 2° $0^g,125$; 3° $0^g,040$; 4° $0^g,025$; 5° $0^g,0355$; 6° $0^g,0135$; en tout $1^g,7$. Il restait encore un résidu et quelques flocons de pigment.

Le sucre de la première hydrolyse a été caractérisé par les osazones. On en a séparé deux : une en plus grande quantité, avec un point de fusion de 231° à 232°, et une autre, en très petite quantité, dont le point de fusion était 211° à 212°. C'était donc du glucose et du galactose. Il est à remarquer que la substance oxydée par l'acide azotique n'a pas donné d'acide mucique.

Le résidu non attaqué après l'hydrolyse devient de plus en plus pulvérulent et si fin qu'il n'est pas séparable par filtration. Le seul moyen de le ramasser est de le laisser déposer longuement. Les gommes signalées par divers auteurs au cours des hydrolyses des mucilages ne seraient peut-être autre chose que ce précipité fin, non hydrolysé encore, qui passe avec la solution sucrée à travers tous les filtres.

Il faut remarquer aussi que de l'analyse de ces séries d'hydrolyses que j'ai effectuées, il semble se dégager une loi d'équilibre exprimée par le rapport de la quantité de sucre obtenu à la quantité de substance mise en œuvre.

De ces expériences à peine amorcées il résulte que :

1° Dans le mucilage de *Laminaria flexicaulis* il y a au moins deux substances dont l'une est solubilisée en présence de sels;

2° Le mucilage peut être hydrolysé jusqu'au bout par des attaques successives, à condition que la substance, avant le contact avec l'acide, soit chaque fois ramenée à l'état primitif de solubilité.

Il est probable que pendant que l'hydrolyse se poursuit, il se forme en même temps avec une partie du mucilage et de l'acide, ou, sous l'action de ce dernier, un complexe inattaquable. Il y aurait ici une certaine analogie avec ce qui se passe avec l'amylose au cours des digestions des empois d'amidon par l'amylase à basse température.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la variation de la teneur en zinc de l'organisme du lapin durant la croissance.* Note de MM. GABRIEL BERTRAND et R. VLADESCO, présentée par M. Roux.

En recherchant si la teneur en zinc de l'organisme des animaux vertébrés subit des variations avec l'âge, il nous est apparu que la teneur était plus grande vers la naissance qu'à l'état adulte ([1]). Cette notion ressortait particulièrement des séries de résultats que nous avions obtenus en opérant sur la souris, sur la poule et sur l'ide. Elle restait obscure, au contraire, avec ceux fournis par le lapin. Mais comme, pour plus de garantie, nous avions élevé nos lapins au laboratoire à partir d'une seule mère, nous avions dû nous contenter d'opérer sur un nombre restreint d'individus. Peut-être la période de développement où la variation est manifeste nous avait-elle ainsi échappé. Nous avons tenu à éclairer la question et, pour cela, nous avons repris

([1]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 768.

le dosage du zinc dans l'organisme du lapin en nous adressant, cette fois, d'après les expériences antérieures, à de très jeunes animaux, pris depuis la naissance jusqu'à l'âge de six semaines. Ces animaux provenaient de l'élevage que l'Institut Pasteur entretient à Garches; ils avaient été l'objet d'une surveillance spéciale et, pour suffire à notre enquête, descendaient de deux mères de même race, soumises au même régime (1). Nous avons obtenu les résultats suivants :

Âge des animaux.	Poids frais.	Teneur en eau pour 100.	Zinc pour 100 de matière fraîche.	Zinc pour 100 de matière sèche.
	g		mg	mg
Quelques heures	48,9	80,0	2,4	12,2
Id	41,2	82,6	2,1	11,9
Un jour	32,1	81,6	2,3	12,6
Id	50,4	80,1	1,5	7,5
Deux jours	50,5	83,6	1,2	7,6
Cinq jours	55,8	78,2	2,2	10,1
Id	93,2	75,4	1,8	7,5
Dix jours	175,4	74,7	1,6	6,1
Vingt jours	224	71,2	1,7	5,9
Vingt-cinq jours	339	72,0	1,3	4,7
Trente jours	530	71,4	2,6	9
Six semaines	1195	70,6	4,5	15,2

Ces nouveaux résultats sont nets : la proportion de zinc contenue dans le corps entier du lapin présente un maximum au moment de la naissance; elle diminue peu à peu pendant la période de lactation; puis, à partir du sevrage, qui a lieu vers le 25e jour, elle remonte rapidement.

Nous sommes donc, en définitive, en présence d'un phénomène qui rappelle tout à fait celui qui a été découvert par Bunge au sujet du fer (2) : le jeune animal apporte en venant au monde une provision de métal relativement élevée; pendant la période de lactation, il ne trouve pas dans le lait maternel la quantité de métal qui correspond à son développement; c'est surtout aux dépens de la provision d'origine placentaire qu'il doit former ses tissus; la proportion de fer, ou de zinc, diminue donc au fur et à mesure, jusqu'au moment où, par suite du sevrage, l'animal rencontre dans une alimentation plus riche, ici végétarienne, tout le métal nécessaire et recouvre bien vite la proportion normale que l'on trouve longtemps chez l'adulte.

(1) Il est à noter que ce régime différait, à cause de la saison (printemps) de celui des animaux que nous avions élevés au laboratoire (hiver). Les animaux de Garches étaient nourris principalement avec de l'herbe et ceux du laboratoire avec de l'avoine et de la racine de betterave. Ces régimes expliquent peut-être pourquoi la teneur en zinc n'est pas la même dans les deux séries d'animaux.

(2) *Cours de Chimie biologique et pathologique*, Paris, 1891.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Le sucre protéidique chez les cancéreux.* Note de MM. **H. Bierry, F. Rathery** et M[lle] **Levina**, présentée par M. Roux.

Le taux du *sucre protéidique*, dans le sang (plasma sanguin) varie avec les différentes espèces d'animaux; il varie dans des limites restreintes chez les individus d'une même espèce, mais il présente chez le même individu, à l'état normal et dans les mêmes conditions physiologiques, une fixité suffisante pour être, en quelque sorte, regardée comme caractéristique et spécifique de cet individu.

Que devient la *glycémie protéidique*, chez l'animal ou chez l'homme, à l'état pathologique? Nous avons déjà abordé cette étude chez l'homme, au cours du mal de Bright (1) et du diabète (2), et nous avons constaté des variations importantes de cette glycémie. Nous donnons aujourd'hui les résultats de nos recherches relatives aux cancéreux.

Pour tous ces cancéreux (3), le diagnostic ne fait pas de doute : les uns ont été opérés, les autres ont subi le contrôle d'une biopsie ou de la nécropsie.

Les prises de sang ont été faites à une veine du bras, le matin à jeun. Le sang reçu au sortir des vaisseaux dans le fluorure de sodium était centrifugé immédiatement. Le sucre libre et le sucre protéidique étaient dosés, dans le plasma, par des méthodes déjà décrites.

Normalement, chez l'homme, le taux du sucre protéidique varie avec les divers individus, mais reste ordinairement compris entre $0^{g},60$ et $0^{g},80$ par litre de plasma veineux. Voici les chiffres obtenus, pour 1000^{cm^3} de plasma veineux, chez un certain nombre de malades, atteints de néoplasmes variés :

Malades.	Diagnostic.	Pour 1000^{cm^3} de plasma veineux — Sucre libre.	Sucre protéidique.
		gr	gr
M. Ru.	Cancer de la langue	1,19	1,39
M. Verm.	Cancer de l'estomac	1,64	1,47
M. Beq.	Cancer de l'estomac	1,50	1,82
M[me] Ch.	Cancer du hile du foie	0,99	1,53
M[me] Lud.	Cancer du corps de l'utérus	1,23	1,14
M[me] Pel.	Cancer du col de l'utérus	1,54	1,62
M[me] Des.	Cancer du sein opéré 2 mois avant	1,29	1,50
M[me] Lord.	Vaste cancer du sein	1,29	2,03
M[me] Clem.	Cancer de l'utérus, récidive	1,19	2,12
M[me] Lang.	Néo. Ovaire avec péritonite cancéreuse généralisée.	1,34	2,66

(1) H. Bierry et F. Rathery, *C. R. Société Biologie*, 18 décembre, 1920.

(2) Bierry et F. Rathery, *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 244.

(3) Un certain nombre de ces malades provenaient des services des professeurs agrégés Grégoire et Proust que nous tenons à remercier de leur amabilité.

A la lecture de ce Tableau, on est frappé de la teneur élevée, chez ces malades, du plasma veineux en sucre protéidique; cette teneur est parfois si haute (2^{gr},66) qu'elle dépasse de quatre fois la teneur qu'on peut observer chez l'individu normal. Les chiffres les plus élevés de sucre protéidique ont été trouvés chez les cancéreux présentant des métastases multiples, avec cachexie marquée.

Les troubles profonds dans le fonctionnement de l'organisme ont donc une répercussion marquée sur le « milieu intérieur », et l'étude de la glycémie protéidique, complétée par l'étude de l'azote des divers protéidiques, constitue un moyen d'investigation nouveau qui permet de suivre, chez le même individu, les variations en qualité et en quantité de divers constituants du plasma sanguin. Il y a là un élément important de pronostic.

HISTOLOGIE. — *Sur l'existence et le rôle d'un tissu endocrinien dans le testicule des Urodèles.* Note de M. **M. Aron**, présentée par M. Widal.

Dans le testicule des Batraciens Urodèles se développe au printemps un tissu glandulaire de caractère endocrinien dont les éléments se chargent d'abondantes enclaves lipoïdiques. Champy (¹) a montré que ce tissu résulte de la prolifération, au sein des cystes à spermatozoïdes, des cellules de Sertoli, et de la formation, par suite de ce processus, de sortes de « faux corps-jaunes » transitoires que l'on trouve généralement localisés en un point déterminé du lobe testiculaire à spermies mûres, au voisinage du hile. Nos recherches nous ont montré qu'au cours du rut, la genèse de ces pseudo corps-jaunes est incessante. D'aucuns sont en période d'état, constitués par un amas de volumineuses cellules bourrées de granulations graisseuses et contenues dans l'ancienne cavité d'un cyste à spermatozoïdes. D'autres sont au début de leur développement : les cellules de Sertoli se multiplient, en se chargeant de graisse, à la périphérie de cystes où les éléments du sperme dégénèrent. D'autres enfin régressent, après une période relativement courte d'activité, et font place, d'abord à un petit follicule composé de cellules différenciées, puis à un véritable module cicatriciel. De l'ensemble de cette évolution, on tire l'impression première qu'en chacun de ces « faux corps-jaunes » on a affaire à une véritable glandule endocrine dont le fonctionnement est de courte durée. Comme, par ailleurs, aucun tissu interstitiel n'est visible à l'intérieur du testicule, on est amené à se

(¹) *Archives de Zool. expérim. et gén.*, t. 59, fasc. 2, 1913.

demander si la formation en question n'en est pas l'homologue et s'il n'y a pas lieu de la considérer comme une glande endocrine assimilable, de par la fonction, à la glande diastématique dont Bouin et Ancel ont montré le rôle chez les Mammifères.

Or les récentes observations de Champy [1] semblent l'avoir convaincu que le tissu en cause représente une simple réserve de « lécithines » utilisée lors de la spermatogenèse et qu'il ne joue, dans l'organisme, aucun rôle général. Des recherches entreprises par nous-même, depuis 1 an et demi, chez *Molge cristata* (Triton crêté) nous ont au contraire imposé la certitude que le tissu glandulaire du testicule des Urodèles conditionne l'apparition des caractères sexuels secondaires, dont la poussée annuelle coïncide avec la période nuptiale. Nous basons notre conviction sur des faits morphologiques et expérimentaux dont ceux qui nous paraissent particulièrement démonstratifs sont résumés ci-dessous :

A. *Observations histologiques.* — 1° Avant l'établissement de la puberté, alors que le mâle ne possède pas de caractères sexuels et ne se différencie pas extérieurement de la femelle, le testicule est totalement dépourvu de tissu glandulaire.

2° La formation du tissu glandulaire précède la spermiogenèse. Les premiers « faux corps-jaunes » naissent aux dépens de cystes à spermatocytes. Dès leur apparition on voit s'ébaucher la crête dorsale propre au mâle.

3° Après l'établissement de la puberté, le développement de la parure nuptiale coïncide avec la production d'un abondant tissu glandulaire riche en graisses. La régression de la parure coïncide, par contre, avec la disparition ou l'atrophie de ce tissu.

B. *Observations expérimentales.* — 1° La castration bilatérale, pratiquée au début du développement de la parure nuptiale, détermine l'arrêt absolu de ce développement et le retour rapide à l'état antérieur. Pratiquée aussitôt après le développement complet de la parure, elle aboutit à sa régression dans un délai de trois semaines environ. Enfin, si l'on opère la castration bilatérale vers la fin du rut, on détermine simplement une certaine accélération dans l'atrophie des caractères sexuels secondaires : c'est ce dernier fait surtout qui, avant nous, a été observé par G. Bresca (1910) [2].

2° Le traumatisme opératoire n'intervient pas dans ces phénomènes. La castration unilatérale n'interrompt le rut que si la répartition du tissu glan-

(1) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 482.
(2) *Archiv für Entwicklungsmechanik der Org.*, t. 29, 1910, p. 403.

dulaire est inégale et si le testicule laissé en place, contrairement au testicule extirpé, n'en contient plus notablement.

3° L'irradiation par le radium ne produit l'atrophie des caractères sexuels que si elle a été assez intense pour atteindre le testicule tout entier et détruire en même temps le tissu glandulaire.

4° La destruction par galvano-cautérisation, lors du rut, du tissu endocrine, facile à repérer en raison de sa coloration spéciale, entraîne une régression rapide et complète de la parure nuptiale. Cette opération a parfaitement réussi en plusieurs cas; le contrôle histologique après autopsie a montré l'intégrité du restant du testicule (lobe à spermatocytes, cystes à spermies du lobe cautérisé).

Cette dernière expérimentation nous paraît de nature à entraîner la conviction. Elle met hors de cause, au point de vue de détermination du rut, toutes les portions du testicule hors la région détruite, c'est-à-dire hors le tissu endocrine. La localisation de ce tissu permet là une démonstration expérimentale qui, chez les Mammifères ou chez les Oiseaux, en raison de la situation « interstitielle » des cellules endocrines, n'avait pas encore été apportée en confirmation des observations de Bouin et Ancel.

De nouvelles recherches sont en cours ou seront pratiquées en vue d'étendre ces résultats.

ZOOLOGIE. — *Sur un Céponien nouveau,* Onychocepon harpax (*n. g., n. sp.*), *parasite branchial d'un Pinnothère.* Note de M. **Charles Pérez**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Je dois à l'obligeance de M. Paul Pelseneer un Pinnothère recueilli à l'île d'Amboine (Insulinde), dans une *Arca;* ce Crabe est porteur d'un Épicaride dans sa cavité branchiale droite; la carapace de l'hôte est déformée, de la manière la plus apparente, en une grosse bosse convexe, assez refermée sur elle-même pour que, sans incision, l'extraction du parasite eût été impossible.

Par l'ensemble des caractères de la femelle (*fig.* 1), cet Épicaride se rattache de la manière la plus manifeste à la tribu des Céponiens; et, parmi les types connus, il semble se rapprocher plus particulièrement du genre *Portunicepon* G. et B. Les derniers somites du péréion manquent en effet, autant que permet d'en juger la conservation très défectueuse de l'échantillon, de bosses médiodorsales; et les pléopodes ont leurs deux rames bien

développées (*ex. pl_1*, *end. pl_1*), semblables par leur forme à la fois entre elles et à la lame pleurale (*lpl_1*) du segment correspondant.

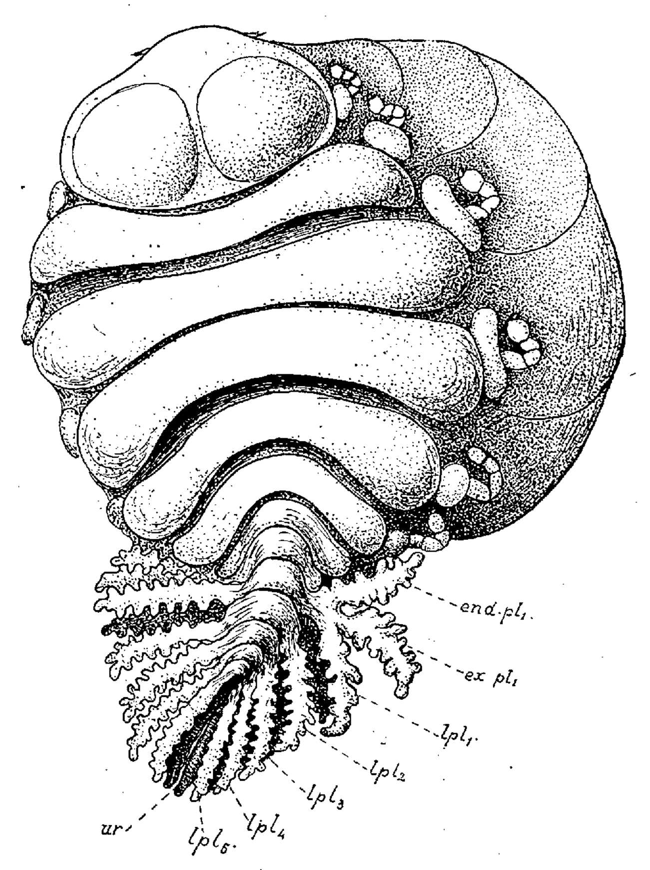


Fig. 1. — *Onychocepon harpax* Ch. P. ♀ vue de 3/4 par la face dorsale et le côté droit. × 24

Le mâle se distingue au contraire par un caractère très spécial et même assez aberrant dans tout le groupe des Bopyridæ. En règle générale, en effet, les mâles de ces Crustacés ont gardé du type Isopode une constitution très semblable de tous les péréiopodes. Or, dans le type actuel (*fig.* 2), les cinq dernières paires seules sont uniformes entre elles, et du type classique (C); les deux premières, au contraire, ont un développement exceptionnel (B), portant surtout sur le dactylopodite et le propodite, exagérés en forte pince subchéliforme, et dépassant notablement le contour apparent du corps. Ce caractère me paraît suffisant pour justifier la création d'un genre nouveau, et je propose pour l'espèce que je viens de signaler le nom d'*Onychocepon harpax* (n. g., n. sp.).

M. le Dr J.-G. de Man a bien voulu examiner l'hôte de ce parasite, en même temps que celui d'un autre Épicaride, parasite sous-abdominal, que

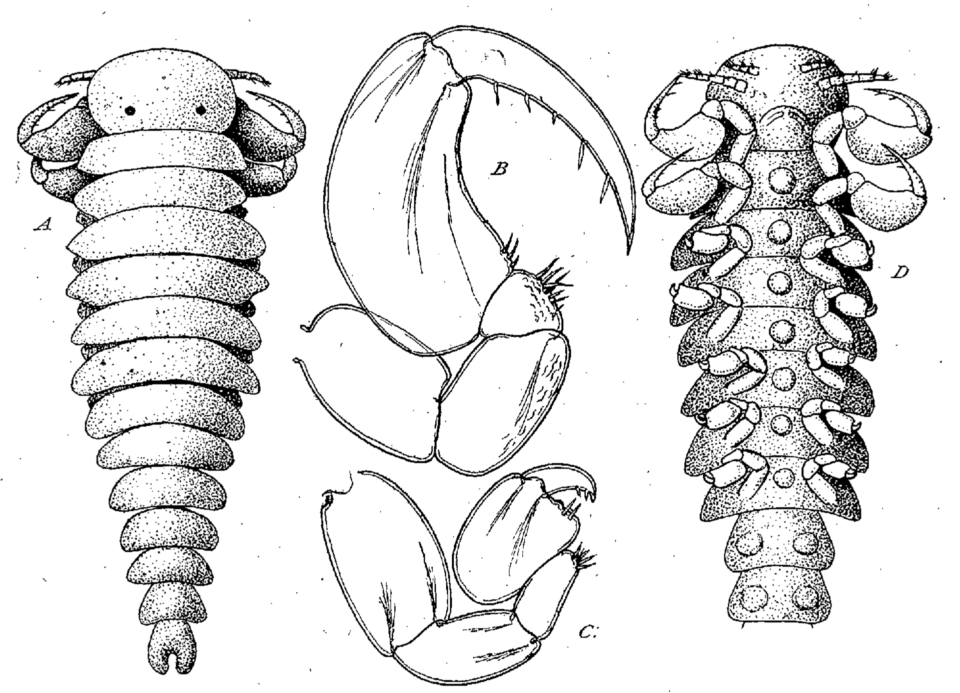


Fig. 2. — *Onychocepon harpax* Ch. P. ♂.
A, face dorsale, × 48; *B*, premier péréiopode × 180; *C*, dernier péréiopode, × 180; *D*, face centrale, × 60.

j'ai désigné dans une Note antérieure sous le nom de *Rhopalione Pelseneeri* (1). Dans un travail actuellement sous presse il rapporte le premier au *Pinnotheres palaensis*, le second au *P. arcophilus* de Bürger. Il est intéressant de voir deux espèces très voisines de ces Crabes susceptibles d'héberger deux Épicarides aussi différents de forme et de localisation.

ENTOMOLOGIE APPLIQUÉE. — *Sur la résistance du hanneton adulte aux basses et hautes températures*. Note de MM. **H. Faes** et **M. Staehelin**, présentée par M. P. Marchal.

Dans une récente monographie sur le hanneton, M. M. Decoppet attire l'attention sur certains problèmes non encore élucidés concernant la biologie

(1) *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 1615.

de cet insecte. Un d'entre eux concerne en particulier la résistance du hanneton adulte aux basses et hautes températures. Les agriculteurs prétendent souvent que les retours de froid, surtout lorsqu'ils sont accompagnés d'un fort gel, tuent un certain nombre de hannetons.

Pour vérifier la valeur de cette affirmation, nous avons exposé cette année, du 11 au 21 mai, des hannetons adultes à différentes températures basses dans la chambre frigorifique de la nouvelle Station fédérale d'essais viticoles de Lausanne.

Nos expériences, d'abord entreprises en utilisant des températures ne dépassant pas — 8° C., ont dû être poursuivies avec des températures plus basses qui se sont révélées nécessaires pour tuer le hanneton adulte.

Voici le résultat des observations faites :

Jour de l'expérience.	Température (en degrés C.).	Durée de l'exposition.	Nombre de hannetons.	Vérification définitive faite le 21 mai. Hannetons morts.	vivants.
18 mai	—18° à —16°	1 heure	6	6	0
»	—14 à —12	»	6	6	0
»	—8°	»	6	2	5
»	—6	»	6	1	5
11 mai	—4	»	30	6	24
»	—2	»	30	5	25
»	0	»	28	3	25
»	+2	»	30	2	28

Pour nous rapprocher autant que possible des conditions naturelles, nous avons en outre laissé dans le frigorifique divers lots de hannetons exposés soit de façon prolongée à la température basse, soit à l'abaissement et au réchauffement progressif de la température. Un lot fut également placé dans un bocal rempli de sable, ce qui permettait aux hannetons touchés par l'abaissement de température de s'enfouir en terre.

Dans cette nouvelle série d'expériences, les hannetons exposés soit durant 30 heures à des températures comprises entre + 5° C. et — 6° C., soit durant 174 heures à des températures comprises entre + 7° C. et — 6° C., ne succombent pas tous; en moyenne un tiers d'entre eux résistent à l'action du froid.

Soumis à des températures avoisinant 0° C. ou au-dessous de 0° C., les hannetons adultes deviennent entièrement immobiles ou gèlent. Mais ils dégèlent rapidement et bougent en général vivement déjà 1 heure après leur sortie du frigorifique.

Sitôt atteints par le froid, les hannetons du lot disposant du sable s'y sont enterrés rapidement jusqu'à 10^{cm} de profondeur.

En résumé, on voit que le hanneton adulte supporte aisément les températures les plus basses que peuvent déterminer dans nos contrées les retours de froid printaniers. Pour les tuer tous, la température de l'air doit s'abaisser au-dessous de — 8°C., ce qui ne se présente pas dans nos conditions printanières de climat. D'ailleurs nos expériences prouvent que le hanneton adulte évitera un froid qui pourrait le gêner en s'enfonçant en terre.

Il nous a paru également intéressant de fixer la résistance du hanneton adulte aux températures élevées. Pour cela, nous avons exposé à diverses températures, dans une étuve à gaz, munie d'un régulateur, des lots de cet insecte.

Voici le résultat des observations faites :

Jour de l'expérience.	Température (en degrés C.).	Durée de l'exposition.	Nombre de hannetons.	Vérification définitive faite le 21 mai. Hannetons morts.	vivants.
13 mai............	+35°	1 heure	14	7	7
»	+40	»	15	9	6
»	+45	»	15	15	0
»	+50	»	15	15	0
»	+55	»	16	16	0

Dans le but également de nous rapprocher des conditions naturelles, nous avons exposé un lot au réchauffement progressif de l'air. Comme dans les expériences poursuivies en frigorifique, nous avons aussi disposé dans l'étuve un lot de hannetons sur le sable, ce qui leur permettait de s'enterrer pour se soustraire à la température trop élevée.

Voici le résultat des observations faites :

Jour de l'expérience.	Température et durée d'expositon.	Nombre de hannetons.	Vérification définitive faite le 21 mai. Hannetons morts.	vivants.
13 mai............	8 heures de +35° à +55° C.	15	15	0
	Lot dans le bocal renfermant le sable.			
13 mai............	8 heures de +35° à +55° C.	15	15	0

Si le hanneton adulte présente une résistance remarquable au froid, il est

par contre relativement sensible à une élévation marquée de la température. A + 45° C., tout hanneton adulte succombe.

Pour se soustraire à la température trop élevée, la plupart des hannetons renfermés dans le bocal avec le sable s'y sont enfoncés jusqu'à une profondeur de 10^{cm}. Mais restés en surface ou enterrés, tous ont succombé : au cours des 8 heures d'exposition, la température au fond du bocal a atteint vraisemblablement la limite de résistance de + 45° C.

Le hanneton adulte est parfaitement adapté à notre climat, il n'est pas sérieusement influencé par les températures les plus basses et les plus élevées que notre printemps peut lui offrir.

M. **Vladimir Njegovan** adresse une Note intitulée : *Sur les variations d'entropie dans les gaz comprimés.*

A 15 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 JUILLET 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le Dr *Cottrel*, président du Comité national de Chimie aux États-Unis, qui assiste à la séance.

M. **A. Haller**, chargé de représenter l'Académie à l'inauguration de la statue de **A. Wurtz** et du monument de **Ch. Gerhardt** à Strasbourg, rend compte de sa mission.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *La seconde Conférence de l'Union internationale de la Chimie pure et appliquée.* Note de M. **Charles Moureu**.

1. L'Union internationale de la Chimie pure et appliquée, succédant à l'Association internationale des Sociétés chimiques, qui venait d'être dissoute à la suite d'un referendum établi par son président M. A. Haller, fût constituée à Bruxelles, en juillet 1919, comme Section chimique du Conseil international des Recherches, par les délégués de la Belgique, des États-Unis, de la France, de la Grande-Bretagne et de l'Italie, avec le Bureau suivant élu pour trois ans :

Président : M. Charles Moureu, membre de l'Institut, professeur au Collège de France.

Vice-Présidents : M. Chavanne, professeur à l'Université de Bruxelles (remplacé ultérieurement par M. Swarts, de l'Académie royale de Belgique, professeur à l'Université de Gand); Léopoldo Parodi-Delfino, industriel à

Rome; Dr Charles Parsons, secrétaire général de l'American Chemical Society; Sir William Pope, de la Société Royale de Londres, professeur à l'Université de Cambridge.

Secrétaire général : M. Jean Gérard, secrétaire général de la Société de Chimie industrielle.

C'est à Rome, du 22 au 24 juin 1920, que se réunit la première Conférence du nouvel organisme international. En dehors des cinq nations fondatrices, sept autres y prirent part : le Canada, le Danemark, l'Espagne, la Grèce, les Pays-Bas, la Pologne, la Tchéco-Slovaquie. L'Union y fut définitivement organisée, et l'on y jeta les bases de la future collaboration.

2. La seconde Conférence a eu lieu à Bruxelles du 27 au 30 juin dernier. Les 21 pays suivants y ont participé : Argentine, Belgique, Canada, Danemark, Espagne, États-Unis, France, Grande-Bretagne, Grèce, Italie, Japon, Monaco, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, Roumanie, Suisse, Tchéco-Slovaquie, Uruguay, Yougo-Slavie. Les délégués, dont la plupart jouissent d'une grande et légitime réputation, étaient au nombre de 68 (parmi lesquels 5 membres de notre Académie : MM. Behal, Berthelot, Lindet, Moureu, Urbain).

On s'est occupé de questions très diverses, toutes d'un grand intérêt pour l'avenir de la Chimie. Des Commissions spéciales, chargées surtout d'élaborer un plan de travail et d'assurer une bonne coordination des efforts, ont abouti à des résolutions précises, qui toutes ont été approuvées, à l'unanimité, par le Conseil de l'Union et l'Assemblée générale des délégués. Nous nous bornerons ici à quelques indications générales sur les principaux résultats des travaux de la Conférence.

Une Commission des éléments chimiques a été constituée ayant pour but, notamment : 1° de dresser une Table des masses atomiques, une Table des isotopes et une Table des éléments radioactifs; 2° de fixer et d'appliquer les règles suivant lesquelles des modifications peuvent être apportées à ces Tables; 3° de prendre toutes dispositions destinées à améliorer ces Tables et à faciliter les recherches qui s'y rapportent. Cette Commission comprendra au maximum 12 membres, choisis parmi les spécialistes compétents dans les divers domaines faisant l'objet de ses travaux. Elle est nommée pour trois ans par le Conseil de l'Union. MM. Aston (Grande-Bretagne), Brauner (Tchéco-Slovaquie), Debierne (France), Ph.-A. Guye (Suisse), Richards (États-Unis), Soddy (Grande-Bretagne), Urbain (France) seront invités à constituer la première Commission. Celle-ci invitera aussitôt les organes nationaux de l'Union à créer des Commissions

nationales, dont elle pourra prendre ou recevoir avis sur toute question intéressant son activité.

Une organisation du même ordre a été adoptée pour l'importante question de la nomenclature chimique. On a institué, pour la Chimie minérale, la Chimie organique et la Chimie biologique, trois Commissions distinctes, comprenant chacune un délégué de chaque pays, avec trois Comités de travail de six membres chacun, lesquels seront chargés de constituer autant de Comités nationaux d'études. Ont été désignés comme membres des Comités de travail : pour la Chimie minérale : MM. Crane, Delépine, Jorissen, Parravano, Clarence Smith, N...; pour la Chimie organique : MM. Biilmann, Blaise, Ciamician, Norris, Clarence Smith, Votocek; pour la Chimie biologique : MM. Bertrand, Harden, Levene, Pictet, Sörensen, N....

Un pas intéressant a été fait dans la voie d'une entente concernant l'unification des abréviations bibliographiques. Mentionnons encore, entre autres problèmes étudiés, ceux qui concernent le développement des *Tables annuelles de Constantes;* la création de bureaux d'étalons physico-chimiques, de produits purs pour recherches et de documentation sur les produits industriels; la création de laboratoires nationaux et internationaux pour l'étude des combustibles et des produits céramiques; l'hygiène du travail dans l'industrie chimique; la création d'une législation mondiale des brevets.

Par l'intérêt et la variété des questions envisagées, par l'importance et la netteté de quelques solutions, par l'esprit de large solidarité internationale dont elle s'est inspirée, la Conférence de Bruxelles, nous n'hésitons pas à l'affirmer, aura fait œuvre vraiment utile et féconde pour le progrès de la Science et de ses applications.

Il a été décidé que la troisième Conférence se réunirait en 1922 dans une ville française. La désignation en sera faite par la *Fédération Nationale des Associations de Chimie*, qui est l'organisme officiellement adhérent à l'*Union*.

M. **Henri Lemonnier**, membre de l'Académie des Beaux-Arts, fait hommage à l'Académie, par l'organe de M. É. Picard, d'un Ouvrage intitulé : *Le Collège Mazarin et le Palais de l'Institut*, publié sous les auspices de l'Institut (Fondation Debrousse).

Les Membres de l'Académie qui désirent posséder ce volume le trouveront au Secrétariat.

NOMINATIONS.

M. le **Maire de la Ville du Havre** et le **Président du Comité** invitent l'Académie à se faire représenter à la cérémonie d'inauguration du monument élevé en l'honneur de l'**Amiral Mouchez**, qui aura lieu le dimanche 17 juillet.

M. **B. Baillaud** est désigné pour représenter l'Académie à cette cérémonie.

M. le **Président de l'Institut** transmet à l'Académie l'invitation, envoyée par **S. E. le Cardinal Mercier**, d'assister le 28 juillet, à la pose de la première pierre de la *Bibliothèque nouvelle de l'Université de Louvain*.

MM. **A. Haller** et **E. Lindet** sont désignés pour représenter l'Académie à cette cérémonie.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats à la chaire de *Mathématiques*, vacante au Collège de France.

Pour la première ligne, M. H. Lebesgue réunit l'unanimité de 35 voix.

Pour la seconde ligne, M. P. Fatou réunit l'unanimité de 29 voix.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne. . . . . . . M. **Henri Lebesgue**
En seconde ligne . . . . M. **Pierre Fatou**

CORRESPONDANCE.

M. **A. Schuster**, Secrétaire général du Conseil international de Recherches, annonce à l'Académie que la seconde session du Conseil se

tiendra à Bruxelles le 22 juillet 1922 et les jours suivants, et prie l'Académie de lui faire connaître les questions qu'elle désirerait voir mettre à l'ordre du jour de cette session.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la place vacante au Bureau des Longitudes par le décès de M. *Renaud*.

(Renvoi à une Commission composée des membres des Sections de la Division des Sciences mathématiques et de M. le Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° J. Danysz. *Essai de Philosophie biologique. La genèse de l'énergie psychique.* (Présenté par M. A. Laveran.)

2° A. S. Eddington. *Espace, temps et gravitation* (traduction française par J. Rossignol). (Présenté par M. Émile Borel.)

3° Le fascicule 7, tome deuxième, de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous la direction de H. Lecomte : *Myrtacées* (fin), par Gagnepain; *Mélastomacées*, par Guillaumin; *Lythracées*, par Gagnepain; *Punicacées*, par Gagnepain et Guillaumin.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Recherche des systèmes triples orthogonaux.* Note de M. **S. Carrus**, présentée par M. G. Kœnigs.

Cette Note a pour objet la transformation des équations auxquelles satisfont les coordonnées d'un point de l'espace, considérées comme fonctions des paramètres des trois familles de surfaces d'un système triple orthogonal.

Si x, y, z sont fonctions des trois paramètres ρ_1, ρ_2, ρ_3, pour que les surfaces $\rho_i =$ const. se coupent orthogonalement, il faut et il suffit que

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} &x_2 x_3 + y_2 y_3 + z_2 z_3 = 0,\\ &x_3 x_1 + y_3 y_1 + z_3 z_1 = 0,\\ &x_1 x_2 + y_1 y_2 + z_1 z_2 = 0.\end{aligned}\right.$$

Éliminons z. Pour cela, remarquons qu'en posant momentanément

$$z_2 z_3 = u, \qquad z_3 z_1 = v, \qquad z_1 z_2 = w,$$

la condition $z_{23} = z_{32}$ donne

$$uvw(w_3 - v_2) + vw^2 u_3 + uv^2 w_2 - uw^2 v_3 - wv^2 u_2 = 0.$$

On aurait deux équations analogues par permutation des indices 1, 2, 3, de u, v, w.

En ajoutant les trois équations ainsi obtenues, on obtient

$$\Sigma\, vw^2 u_3 = \Sigma\, wv^2 u_2,$$

ce qui permet de simplifier les conditions précédentes et d'écrire

$$\text{(II)} \qquad \begin{cases} vw(w_3 - v_2) + u(vw_1 - wv_1) = 0, \\ wu(u_1 - w_3) + v(wu_2 - uw_2) = 0, \\ uv(v_2 - u_1) + w(uv_3 - vu_3) = 0. \end{cases}$$

D'ailleurs, si l'on posait

$$x_2 x_3 = l, \qquad x_3 x_1 = m, \qquad x_1 x_2 = n,$$
$$y_2 y_3 = l', \qquad y_3 y_1 = m', \qquad y_1 y_2 = n',$$

l, m, n d'une part, l', m', n' d'autre part, satisferaient identiquement au système (II). En tenant compte de ces identités et exprimant que

$$u = -(l + l'), \qquad v = -(m + m'), \qquad w = -(n + n')$$

satisfont au système, la première des équations (II) peut être mise sous la forme

$$\begin{aligned} &(x_2 x_3 + y_2 y_3)(y_2 x_3 - x_2 y_3)(x_1 y_{11} - y_1 x_{11}) \\ &- (x_3 x_1 + y_3 y_1)(y_3 x_1 - x_3 y_1)(x_2 y_{12} - y_2 y_{12}) \\ &- (x_1 x_2 + y_1 y_2)(y_1 x_2 - x_1 y_2)(x_3 y_{13} - y_3 x_{13}) = 0. \end{aligned}$$

Or cette équation ne dépend que de λ, μ, ν

$$\frac{x_1}{y_1} = \lambda, \qquad \frac{x_2}{y_2} = \mu, \qquad \frac{x_3}{y_3} = \nu.$$

Si l'on désigne par A, B, C les groupements

$$A = (\nu - \mu)(\mu\nu + 1), \qquad B = (\lambda - \nu)(\nu\lambda + 1), \qquad C = (\mu - \lambda)(\lambda\mu + 1),$$

l'équation ci-dessus se réduit tout simplement à

$$A\lambda_1 = B\mu_1 + C\nu_1.$$

Les autres équations se réduisent de même, par permutation circulaire, introduisant les mêmes fonctions λ, μ, ν, les mêmes groupements A, B, C.

En définitive, on a

$$\text{(III)} \qquad \begin{cases} A\lambda_1 = B\mu_1 + C\nu_1, \\ B\mu_2 = C\nu_2 + A\lambda_2, \\ C\nu_3 = A\lambda_3 + B\mu_3. \end{cases}$$

Les fonctions λ, μ, ν satisfont donc à ce système de trois équations aux dérivées partielles.

Ces équations sont nécessaires et suffisantes.

En effet, remarquons d'abord que ce système est tel que l'on peut en tirer les valeurs des dérivées secondes λ_{23}, μ_{31}, ν_{12}. On trouve

$$(\nu-\mu)(\lambda-\nu)(\mu-\lambda)\lambda_{23} = (\nu-\mu)(\nu+\mu-2\lambda)\lambda_2\lambda_3 - (\lambda-\nu)^2\lambda_2\mu_3 + (\mu-\lambda)^2\lambda_3\nu_2.$$

Or, si l'on revient aux fonctions x, y, les trois dérivées secondes λ_{23}, μ_{31}, ν_{12} n'introduisent que les deux dérivées troisièmes x_{123}, y_{123}. On reconnaît qu'elles sont identiquement compatibles [en tenant compte des équations (III)].

Enfin considérons les équations qui définissent λ, μ, ν :

$$x_1 = \lambda y_1, \qquad x_2 = \mu y_2, \qquad x_3 = \nu y_3.$$

Exprimons qu'elles sont compatibles en x. Il est nécessaire et suffisant que

$$\text{(IV)} \qquad \begin{cases} (\mu-\lambda) y_{12} = \lambda_2 y_1 - \mu_1 y_2, \\ (\nu-\mu) y_{23} = \lambda_3 y_2 - \mu_2 y_3, \\ (\lambda-\nu) y_{31} = \lambda_1 y_3 - \mu_3 y_1. \end{cases}$$

En calculant les trois valeurs que l'on peut en déduire pour y_{123}, on reconnaît qu'elles sont les mêmes, si λ, μ, ν satisfont au système (III).

D'ailleurs, plus simplement, on peut dire :

Les équations (III) considérées comme équations en x, y, sont nécessaires et suffisantes. Elles le sont donc aussi si on les considère comme équations en λ, μ, ν.

Conclusion. — La recherche des systèmes triples-orthogonaux peut alors se poursuivre de deux manières différentes :

1° Ou bien considérer le système (III) comme un système de trois équations aux dérivées partielles du second ordre de x, y;

2° Ou bien le considérer comme un système définissant les trois fonctions λ, μ, ν. Ce système est plus simple que les équations de départ qui déterminaient x, y, z, en ce sens que, linéaire par rapport aux dérivées, chacune d'elles ne renferme que les dérivées par rapport à une seule variable.

De toute solution de ce système (III) on déduira des solutions y par les trois équations (IV) qui seront alors compatibles.

Trois quadratures donneront alors x par les équations compatibles :

$$x_1 = \lambda y_1, \quad x_2 = \mu y_2, \quad x_3 = \nu y_3.$$

Le problème est décomposé, donc simplifié, et permet la recherche de solutions particulières.

MÉCANIQUE. — *Mouvement d'un solide dans un milieu résistant.* Note (¹) de M. **Alayrac.**

M. Dulac me fait remarquer qu'il avait déjà obtenu les résultats relatifs à l'hodographe, énoncés dans ma Note du 2 mai 1921, ainsi qu'il résulte implicitement d'une Note du 17 novembre 1919 (²), où il mentionne l'application de ses calculs à l'étude du vol dans un plan vertical.

Je signale ce fait avec d'autant plus d'empressement, que j'ai tiré grand profit, au cours de mon travail, des renseignements et des conseils de M. Dulac, à qui j'avais soumis mes premières études sur la question.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Détermination des températures effectives de quelques étoiles et de leur « color-index ».* Note de MM. **Charles Nordmann** et **Le Morvan**, présentée par M. Baillaud.

Nous indiquons dans le Tableau suivant les résultats que nous avons obtenus récemment au moyen du photomètre hétérochrome et de la méthode décrite antérieurement par l'un de nous (³) relativement à la répartition de l'intensité dans le spectre d'un certain nombre d'étoiles.

Dans ce Tableau, les étoiles sont rangées suivant l'ordre croissant des valeurs de $\log \frac{R}{B}$, qui indiquent le logarithme du rapport des éclats de chaque étoile observée respectivement à travers les écrans rouge et bleu antérieurement définis (*loc. cit.*) de notre photomètre hétérochrome. A côté sont indiquées les valeurs des températures effectives qu'on en déduit par

(¹) Séance du 4 juillet 1921.

(²) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 897-899.

(³) *Bulletin astronomique*, 1909, et *Comptes rendus*, passim.

la méthode déjà indiquée et employée par l'un de nous (¹). Les valeurs de dg dans la colonne suivante sont égales à $-2,5 \log \frac{R}{B}$ et expriment en grandeurs stellaires les rapports des intensités de chaque étoile dans le rouge et le bleu $\left(\right.$les valeurs de $\log \frac{R}{B}$ sont d'ailleurs augmentées d'une constante telle que la valeur de ce rapport correspondant à la Polaire, soit, comme dans nos publications antérieures, égale à $-0,844\left.\right)$. La colonne suivante indique pour la plupart de ces étoiles la valeur du « color-index », déterminé par M. King (²); ce « color-index » représente la différence entre la grandeur visuelle et la grandeur photographique de l'étoile déterminées séparément; nous avons ajouté aux nombres de King une constante qui rend le « color-index » de la Polaire égal à notre valeur de dg pour cette étoile. Cela facilite la comparaison des deux colonnes. Enfin les premières colonnes du Tableau indiquent le nom de l'étoile et son type spectral d'après la classification d'Harvard.

Étoile.	Spectre.	$\log \frac{R}{B}$.	Température effective absolue.	$dg = -2,5 \log \frac{R}{B}$.	Color-Index (King).
ζ Persée	B_1	$-1,072$	27700°	2,68	2,52
γ Pégase	B_2	$-1,045$	22000	2,61	2,88
β Bélier	A_5	$-1,017$	17800	2,54	2,55
γ Cassiopée	B_p	$-0,972$	13800	2,43	2,94
δ Cassiopée	A_5	$-0,955$	12800	2,39	2,54
α Andromède	A	$-0,911$	10400	2,28	2,76
Polaire (³)	F_8	$-0,844$	8200	2,11	2,11
α Persée (⁴)	F_5	$-0,838$	8000	2,09	2,12
ε Bouvier (⁵)	K_{op}	$-0,766$	6400	1,91	1,84
β Cassiopée	F_5	$-0,752$	6200	1,88	2,28
α Bélier	K_2	$-0,725$	5800	1,81	1,57
α Cassiopée	K	$-0,708$	5500	1,77	1,64
K Persée	K	$-0,624$	4700	1,56	»
β Andromède (⁶)	M_a	$-0,562$	4300	1,40	1,11
α Taureau (⁷)	K_5	$-0,442$	3600	1,10	1,08
μ Gémeaux	M_a	$-0,326$	3200	0,81	1,03
η Gémeaux	M_a	$-0,292$	3050	0,73	»

(¹) *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 1038.

(²) *Annals of the Obs. of Harvard College*, vol. 76, p. 107-127.

(³) Détermination antérieure. — (⁴) Antérieurement, Nordmann avait trouvé (*loc. cit.*) T = 8300°. — (⁵) Chiffres correspondant à l'éclat combiné des deux composantes de cette étoile. — (⁶) Antérieurement, Nordmann avait trouvé (*loc. cit.*) T = 3700°, d'où $dg = 1,15$. — (⁷) Antérieurement, Nordmann avait trouvé (*loc. cit.*) T = 3500°.

Diverses remarques se dégagent de l'examen de ce Tableau :

1° Les températures effectives des étoiles suivent dans les grandes lignes l'ordre de la classification de Harvard comme celles que l'un de nous avait publiées antérieurement. Rappelons, à ce propos, que l'erreur probable relative à ces nombres est proportionnelle à la température effective indiquée et de l'ordre de 8 pour 100 dans le cas d'une température effective de 5000°.

2° Il est fort remarquable que les valeurs de dg suivent qualitativement et quantitativement la même marche que celle du « color-index » déterminé par King. Les écarts individuels n'ont aucun caractère systématique et ne sont pas supérieurs à ceux des « color-index » déterminés en partant de catalogues photométriques différents, ou en partant de méthodes de photométrie photographiques variées. C'est ainsi que les « color-index », déterminés par Schwarzschild, King, Parkhurst, etc., ne diffèrent pas plus de nos valeurs de dg qu'ils ne diffèrent entre eux.

Il s'ensuit que la valeur du « color-index » des étoiles peut être déterminée au moyen de notre photomètre hétérochrome, ce qui fournit cette donnée par le moyen de deux mesures homogènes évitant toutes les causes d'erreur et d'incertitude que comporte habituellement la comparaison d'une grandeur déterminée séparément par la vision et par la photographie.

A l'heure où le « color index » paraît de plus en plus destiné à fournir des données sur l'état physique des étoiles, leur grandeur absolue, leurs parallaxes, etc. [1], le photomètre stellaire hétérochrome fournit une méthode particulièrement simple pour étudier cette donnée. Rappelons d'ailleurs que, avec l'objectif du petit coudé qui a 27^{cm} de diamètre, nous pouvons pousser les déterminations jusqu'à la 7e grandeur. Avec le télescope de 100 pouces du Mont Wilson, la méthode pourrait être appliquée jusqu'aux étoiles de 12e grandeur.

3° Si l'étude de la répartition de l'intensité dans les spectres stellaires comporte toutes les incertitudes de double détermination non homogène, lorsque l'on compare les grandeurs visuelles et les grandeurs photographiques, comme on le fait habituellement, en revanche, cet inconvénient est beaucoup moindre lorsqu'on opère, comme l'a fait Rosenberg [2], par une méthode uniquement photographique, en mesurant les noircissements de

---

(1) Voir notamment F.-H. Seares, Prof. of the National Academy of Sciences, Washington, vol. 5, 1919, p. 232-238.

(2) *A. N.*, 4628.

spectrogrammes stellaires aux diverses longueurs d'onde. Par contre, les longueurs d'onde extrêmes sur lesquelles a pu opérer ainsi Rosenberg sont $400^{\mu\mu}$ et $500^{\mu\mu}$, tandis que les nôtres sont beaucoup plus écartées ($460^{\mu\mu}$ et $600^{\mu\mu}$).

En fait, le rapport des éclats extrêmes mesurés se trouve être à très peu près deux fois plus grand dans notre méthode que dans celle de Rosenberg, c'est-à-dire au moins deux fois plus exactement déterminé. Pour n'en citer qu'un exemple, lorsqu'on passe d'une température de 2900° à une température pratiquement infime, le rapport des rayons bleus aux rayons rouges, déterminé avec notre photomètre hétérochrome, augmente à très peu près de 5 grandeurs stellaires, tandis que le rapport des rayons extrêmes mesuré photographiquement n'augmente que de 2,4 grandeurs.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la mesure directe des mobilités des particules électrisées dans les gaz.* Note de M. **A. Lafay**, présentée par M. Maurice Hamy.

La réalisation d'effluves élémentaires de très petite section, signalée dans notre récente Note sur les figures de M. de Heen [1], nous a permis de mesurer directement la vitesse de transport des particules électrisées.

I. Pour cela, nous avons d'abord utilisé un condensateur, dont les plans se confondent avec les faces opposées d'une canalisation rectangulaire parcourue par un vent bien régulier. Dans ces conditions, l'effluve élémentaire, émis par un petit trou placé au centre d'une des armatures du condensateur, dessine sur la résine qui recouvre l'autre armature des points d'impact plus ou moins déviés suivant les conditions de l'expérience.

En utilisant des champs compris entre 1000 et 6000 volts : cm et des vents dont la vitesse, mesurée au tube de Pitot, a varié de 5 à 40 m : sec, nous avons déduit de l'ensemble de nos essais que, dans l'air pris sous les conditions normales (76^{cm}, 15°) et pour un champ de 1 volt : cm, la mobilité des particules est de 1,59 cm : sec, pour les charges positives, et de 1,65 cm : sec, pour les négatives.

La rapidité avec laquelle les particules effectuent leur parcours, dès que la différence de potentiel est de quelques milliers de volts, permet d'utiliser notre dispositif comme un anémomètre à indications instantanées, susceptible de rendre des services en aérodynamique. Il se prêterait en particulier au tarage des tubes de Pitot, à condition de connaître les vitesses de trans-

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 32.

port des particules électrisées, et cette considération nous a conduit à la détermination directe de cet élément par une autre méthode.

II. Deux disques tournants, montés sur un même axe en ébonite, sont disposés contre les faces externes des armatures du condensateur plan destiné à produire le champ. L'un de ces disques est enduit de résine, tandis que l'autre porte un trou qui sert de point de départ à l'effluve et qui passe à chaque révolution, devant une petite fenêtre percée au centre de l'armature fixe correspondante. Des particules se trouvent ainsi périodiquement captées par le champ et transportées sur l'armature opposée où une autre fenêtre leur permet de poursuivre leur route jusqu'à la résine du second disque; il est dès lors facile de comparer leur vitesse de translation à une vitesse de rotation connue.

Cet appareil nous a donné des résultats qui concordent avec ceux de la méthode du courant d'air; de plus, en l'enfermant sous une grande cloche à vide, nous avons pu faire varier systématiquement la nature du gaz et la pression.

Le fait particulièrement intéressant qui se dégage de l'ensemble de ces mesures consiste dans la faible dispersion des vitesses observées.

On sait que la lenteur relative du déplacement des particules électrisées à travers les gaz s'explique en admettant qu'elles s'alourdissent, en fixant un certain nombre de molécules qui constituent autour d'elles comme une sorte de *grappe*. De là la formation possible de groupements doués de mobilités fort différentes et l'explication naturelle de l'étalement constaté dans les valeurs des vitesses déterminées par divers procédés indirects.

Pour concilier la disparition de cet étalement avec l'hypothèse de la grappe, il est nécessaire de supposer que, dans le trajet relativement long (8^{cm} à 10^{cm}) effectué par les particules entre les armatures de notre condensateur, les divers groupements moléculaires possibles ont le temps de se former accidentellement autour de chacune d'elles et dans la même proportion, de manière à les retarder toutes à très peu près de la même façon.

III. Nous avons également expérimenté sur différents mélanges d'hydrogène et de gaz carbonique, dans l'espoir de voir apparaître simultanément quelques groupements privilégiés caractérisés par des vitesses de transport différentes, mais nous avons obtenu dans chaque cas une seule vitesse bien déterminée par le titre, la pression et la température du mélange soumis à l'essai. Ce fait peut évidemment recevoir la même explication que le précédent.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la structure fine des séries de rayons X.* Note de M. D. **Coster**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une Note précédente (1), j'ai appelé l'attention sur le fait que les intensités des lignes L_γ de W semblent être très différentes de ce qu'elles sont chez les éléments plus lourds. Pour expliquer ce phénomène, j'ai mesuré de nouveau le spectre L des éléments Ta — U avec un peu plus de précision pour les lignes très faibles; d'ailleurs, j'ai pu obtenir une plus grande dispersion. Comme résultat de ces mesures on peut conclure qu'au lieu des deux lignes, jusqu'ici appelées γ_2 et γ_3, on doit croire qu'il y en a trois. Si l'on veut s'éloigner le moins possible de la terminologie, proposée par M. Siegbahn, on peut dire ceci : il y a deux lignes γ_2 et γ_3 qui ont une différence de longueur d'onde à peu près constante de Ta jusqu'à U; elles ont environ la même intensité. Ces lignes doivent appartenir toutes deux à L_3. D'ailleurs il existe une ligne γ_6 qui forme un doublet L avec β_5 et qui, par conséquent, appartient à L_2. Cette ligne croise la ligne γ_2 chez les éléments Pt et Au et la ligne γ_3 chez Pb et Bi (2). La différence de longueur d'onde $\gamma_1 - \gamma_6$ est constante de Ta jusqu'à U. Chez quatre éléments (Ta, W, Tl, U) j'ai pu séparer les trois lignes. Les longueurs d'onde sont :

	γ_6.	γ_2.	γ_3.	$\gamma_1 - \gamma_6$.	$\gamma_2 - \gamma_3$.
Ta....	1110,7	1102,7	1096,9	24,77	5,8
W....	1072,0	1065,84	1059,69	23,53	6,19
Ir....	963,6	963,6	956,6	24,8	7,0
Pt....	931,7	931,7	925,6	23,75	6,1
Au....	901,25	901,25	895,68	23,12	5,57
Tl....	841,7	844,7	837,9	23,59	6,8
Pb....	813,70	818,2	813,70	23,38	4,5
Bi....	787,4	792,9	787,4	23,25	5,5
Th....	630,1	»	»	20,93	»
U....	592,6	604,4	597,0	20,23	7,4

L'intensité de la ligne γ_6 change pour un élément voisin de Pt. Pour Ta et W, la ligne γ_6 est extrêmement faible, tandis que chez Tl, où l'on peut la séparer de γ_2 et γ_3, elle est un peu plus forte que ces dernières lignes. Un

(1) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1176.

(2) Une hypothèse analogue a été émise il y a quelque temps par M. Wentzel, dans une lettre à l'auteur.

changement d'intensité analogue a été trouvé pour β_5. Les lignes correspondant à γ_7, γ_8 et γ_9 de Dauvillier n'ont pas été trouvées pour les autres éléments.

D'ailleurs, les lignes β des mêmes éléments ont été mesurées de nouveau. On connaît à présent avec certitude 8 lignes β. J'avais déjà mesuré 7 lignes β pour ces éléments, et une nouvelle ligne β_8 (c'est la ligne β''_2 de Dauvillier de l'uranium) a aussi été trouvée. Cette ligne montre une différence de longueur d'onde constante avec la ligne β_2. En outre, l'existence de deux lignes très faibles est devenue vraisemblable, ce sont les lignes β_9 (β_8 chez D.) et β_{10} (β_9 chez D.). La ligne β_9 fut trouvée chez 6 éléments, la ligne β_{10} chez 4 éléments.

Grâce à la découverte des deux discontinuités d'absorption M_4 et M_5, j'ai pu montrer qu'il y a 5 niveaux d'énergie dans la région M [1]. En général on peut supposer qu'il y a $2n-1$ niveaux d'énergie pour chaque région, si n est le nombre des niveaux donné par la théorie de la structure fine de Sommerfeld. Cela veut dire qu'on aurait, pour les éléments les plus lourds, 1 niveau K, 3 niveaux L, 5 niveaux M, 7 niveaux N, 5 niveaux O. M. Dauvillier suppose aussi qu'il y a 7 niveaux N. Tout de même je crois qu'on peut identifier ces niveaux autrement que cet auteur, si l'on se laisse conduire par l'analogie, qui semble exister entre les lignes qui partent d'un niveau N et celles qui partent d'un niveau M; Stenström a montré que la ligne M est double. Or les lignes M_{α_1}, M_{α_2} et $M\beta$ sont analogues aux lignes L_{α_1}, L_{α_2} et $L\beta_1$, donc M_{α_1} commence à N_1, M_{α_2} et $M\beta$ commencent à N_2. La ligne β_2 part de N_3 et γ_1 de N_4. Les lignes γ_2 et γ_3 sont analogues aux lignes β_4 et β_3, elles commencent à N_5 et N_6. β_6 et γ_5 qui sont des lignes analogues à l et à η commencent à N_7. De nouvelles mesures ont pu montrer que la relation $L\beta_7 = L_{\alpha_2} + M\beta$ n'existe pas en réalité. La ligne β_7 semble partir d'un niveau O, qui est situé plus bas que le niveau N_2 pour les éléments Ta — Au et plus haut que N_1 pour l'uranium. La ligne γ_4 semble partir d'un niveau O, les lignes β_5 et γ_6 ou d'un niveau O ou d'un niveau P. Dans ce schéma, la ligne β_8 donne lieu jusqu'ici à une difficulté.

Des lignes, telles que leur fréquence soit la somme des fréquences de deux autres lignes, ne semblent pas exister. C'est peut-être là une propriété fondamentale des séries de rayons X. On peut exprimer la

---

[1] Voir *Comptes rendus*, t. 171, 1921, p. 1176. Ici les discontinuités M_4 et M_5 ont été attribuées par erreur à Stenström.

même propriété d'une autre façon : les niveaux pourraient se diviser en deux groupes indiqués dans le Tableau suivant respectivement par a et b. La plupart des lignes mesurées jusqu'ici représentent un passage $a \to b$ ou $b \to a$, tandis que les passages $a \to a$ ou $b \to b$ semblent être très invraisemblables.

		Niveaux d'arrivée.								
		b.	b.	a.	a.	b.	a.	a.	b.	b.
	Niveaux de départ.	K.	L_3.	L_2.	L_1.	M_5.	M_4.	M_3.	M_2.	M_1.
b.	L_3	α_3	»	»	»	»	»	»	»	»
a.	L_2	α_2	»	»	»	»	»	»	»	»
a.	L_1	α_1	»	»	»	»	»	»	»	»
b.	M_5	»	»	η	l	»	»	»	»	»
a.	M_4	β_3	β_4	»	»	»	»	»	»	»
a.	M_3	β_1	β_3	»	»	»	»	»	»	»
b.	M_2	»	β_{10}	β_1	α_2	»	»	»	»	»
b.	M_1	»	β_9	»	α_1	»	»	»	»	»
b.	N_7	»	»	γ_5	β_6	»	»	»	»	»
a.	N_6	β_2	γ_2	»	»	»	»	»	»	»
a.	N_5	β_2	γ_3	»	»	»	»	»	»	»
b.	N_4	»	»	γ_1	»	»	ε	»	»	»
b.	N_3	»	»	»	β_2	»	»	γ	»	»
a.	N_2	»	»	»	»	»	»	»	β	α_2
a.	N_1	»	»	»	»	»	»	»	»	α_1
	O (?)	»	»	»	β_7	»	»	»	»	»
	O (?)	»	γ_4	»	»	»	»	»	»	»
a.	O (?) ou P (?)	»	»	γ_6	β_5	»	»	δ	»	»

La ligne $K\alpha_3$ de W, mesurée par Duane et Stenström et les lignes $L\beta_9$ et $L\beta_{10}$, qui toutes trois sont extrêmement faibles, semblent représenter un passage $b \to b$, les passages $a \to a$ n'existent pas du tout.

Un exposé plus détaillé du même sujet sera publié ailleurs.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Extension superficielle des corps solubles ou volatils.* Note de M. **A. Marcelin**, présentée par M. G. Urbain.

Extension maxima. — La propriété de s'étendre spontanément sur l'eau en couches vraisemblablement monomoléculaires, connue depuis longtemps pour l'acide oléique et quelques corps gras, est en réalité très générale. Je l'ai déjà indiquée pour le camphre dans un travail préliminaire en 1913 (1).

---

(1) *Annales de Physique*, 9e série, 1913.

Une parcelle de camphre est maintenue immobile, en contact avec la surface de l'eau légèrement saupoudrée de talc; la cuve de verre, large et peu profonde, est posée sur fond noir. On constate que les grains de talc sont chassés : on voit grandir, centré sur la parcelle de camphre, un cercle noir dont la lisière blanche est formée par les grains de talc entraînés. De nouveaux grains de talc ou de petits carrés de papier déposés sur la surface, près du camphre, s'en éloignent progressivement et rejoignent après quelques secondes la lisière du cercle noir.

Le rayon du cercle noir ne grandit pas indéfiniment : il est limité par l'équilibre qui s'établit entre la dissolution de la couche formée et son renouvellement à partir du morceau de camphre.

La parcelle (2^g ou 3^g) est pesée avant et après l'expérience qui dure une heure. On en déduit le volume V du camphre disparu pendant ce temps.

Un dispositif mécanique dépose sur l'eau, simultanément, à $1^{cm},5$ de la parcelle, 8 petits carrés de papier qui s'éloignent suivant 8 rayons d'un cercle.

A diverses reprises, quelques photographies successives, tirées sur une même plaque à l'aide d'un appareil chronophotographique d'axe vertical, repèrent les positions successives des 8 carrés de papier à des instants qui peuvent être enregistrés par l'aiguille blanche d'un chronomètre à cadran noir.

Il convient de temps à autre d'essuyer la surface pour faire disparaître les impuretés insolubles qui s'accumulent.

8 carrés de papier circonscrivent un cercle de surface S_1 au temps t_1, puis un cercle de surface S_2 au temps t_2. L'étendue de la surface totale renouvelée pendant le temps très court $t_2 - t_1$ est $S_2 - S_1$, à condition que les mesures de surface soient effectuées très près du camphre; $S_2 - S_1$ tend vers zéro, en effet, quand on se rapproche de la lisière du cercle noir, mais reste pratiquement fixe dans un rayon maximum de 8^{cm}, la dissolution de la partie neuve de la couche n'étant pas encore notable dans ces conditions.

L'étendue totale de surface renouvelée durant une heure est

$$S = \frac{S_2 - S_1}{t_2 - t_1} \times 60 \times 60.$$

Le rapport $e = \frac{V}{S}$ donne l'épaisseur moyenne de la couche de camphre.

Des mesures assez grossières m'avaient montré que cette épaisseur $e = 0^{m\mu},5$ était du même ordre de grandeur que le diamètre moléculaire du camphre ($0^{m\mu},6$) calculé en supposant connu le nombre d'Avogadro.

Des expériences récentes m'ont donné $e = 0^{m\mu},65$ à 0,1 près.

J'ai constaté que de nombreux corps organiques se comportent comme

le camphre [1]; certains d'entre eux, trop solubles, tels que la résorcine ne peuvent être étudiés quantitativement; d'autres au contraire, moins solubles que le camphre, se prêtent aux mesures; tels sont par exemple le menthol, $e = 0^{m\mu},56$ à 0,1 près (calculé 0,63); l'isobutylcamphol, $e = 0,4^{m\mu}$ à 0,2 près (caculé 0,7). L'imprécision du résultat dans ce dernier cas est due à la faible solubilité du corps; la précision désirée sera obtenue par une expérience de longue durée.

Je signale également que le benzène solide (en dessous de 3°) s'agite sur l'eau comme le camphre en chassant le talc (mesures en cours).

Pression de saturation superficielle [2]. — On sait qu'une parcelle de camphre s'agite encore sur l'eau recouverte d'une couche d'acide oléique en extension maxima ($e = 1^{m\mu}$) occupant une surface S_1, et que l'arrêt du camphre se produit lorsqu'on vient à réduire la surface jusqu'à la valeur bien déterminée S_2, à l'aide d'une barrière capillaire en papier.

Si la couche primitive de surface S_1 ayant été talquée, on répète l'expérience précédente en maintenant le camphre immobile, on constate qu'un cercle noir se forme autour du camphre; sa circonférence sépare la couche d'acide oléique et la couche de camphre dont les tensions s'équilibrent. Le rayon du cercle noir diminue lorsqu'on réduit la surface totale, et s'annule pour la même valeur S_2 que celle qui correspond à l'arrêt du camphre.

Le camphre se trouve alors dans les mêmes conditions qu'une goutte d'acide oléique qui ne s'étend plus lorsque la surface de l'eau est recouverte d'une « couche saturée » d'acide oléique. Nous avons désigné sous le nom de *pression de saturation* de l'acide oléique la pression superficielle de la couche dans ce cas.

De même, on peut appeler *pression de saturation superficielle* du camphre, la pression superficielle de la couche d'acide oléique de surface S_2 qui s'oppose à l'extension du camphre. On peut, en se reportant à la courbe $T = f(S)$ qui donne pour une quantité d'acide oléique déterminée la pression superficielle en fonction de la surface occupée, connaître en valeur absolue la « pression de saturation superficielle du camphre ». On trouve $T = 13$ dynes-centimètres.

J'ai pu, par ce procédé très général, mettre en évidence et mesurer pour les corps qui, à ma connaissance, se comportent comme le camphre, la « pression de saturation superficielle ». Voici les résultats par ordre

(1) René Marcelin m'avait signalé la paratoluidine et la résorcine.

(2) A. MARCELIN, *Comptes rendus*, t. 171, 1921, p. 38.

de valeurs décroissantes : diméthylpyrrolidone 31,5; diméthylcampholamide 29,7; isobutylcamphol 20,4; menthol 20,4; paratoluidine 16,7; camphre 13; thymol 12,1; bornéol 11,1; propylcamphocarbonate de méthyle 9,4; benzalcamphre 0,94.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de la stabilité des poudres à la nitrocellulose.* Note de M. **Fric**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note antérieure [1] j'ai signalé la facilité avec laquelle la mesure de la viscosité d'une solution dans l'acétone de poudre à la nitrocellulose permet de suivre les modifications subies par celle-ci sous l'influence de la chaleur. Une étude récente de M. J. Duclaux [2] a précisé ces résultats en montrant le parallélisme qui existe entre la variation de viscosité et la diminution de poids prise comme mesure de la décomposition subie.

Il est intéressant, je crois, de signaler que la même méthode permet de mesurer et de suivre les transformations provoquées par d'autres agents actifs, par exemple les rayons ultraviolets qui, comme l'ont montré MM. D. Berthelot et Gaudechon, exercent sur les poudres une action marquée de décomposition.

Voici, entre autres, les résultats obtenus en soumettant au rayonnement d'une lampe à vapeur de mercure en quartz (45 volts, 3,5 ampères) à une distance de 80^{mm}, deux échantillons dont la température n'a pas dépassé 35°.

	Durée d'écoulement en secondes.
Échantillon I.	
Témoin	94
Après 4 heures 45 minutes	78,8
» 6 » 30 »	75,1
» 10 » 30 »	70
Échantillon II.	
Témoin	263
Après 8 heures 30 minutes	200

(1) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 31.
(2) *Bull. Soc. chim.*, juin 1920.

Au lieu de faire agir les rayons ultraviolets sur la poudre elle-même, on peut les faire agir sur sa solution, l'action sera même plus marquée.

Lampe 3,4 ampères sous 220 volts. — La solution est placée dans un tube en quartz disposé lui-même dans un réfrigérant, également en quartz, parcouru par un courant d'eau afin d'éviter l'échauffement.

	Durée d'écoulement en secondes.
Témoin	1070
Après 30 minutes	755
» 60 »	667
» 90 »	645
» 3 heures	464

Après une descente rapide pendant la première heure, on observe ensuite une diminution régulière de la viscosité correspondant à une vitesse de transformation constante.

On peut suivre de même les modifications subies par les mêmes solutions sous l'influence de la chaleur.

Le Tableau suivant donne les chiffres observés sur le même échantillon chauffé à des températures et pendant des temps variables.

	Températures.				
Temps.	15°.	60°.	85°.	92°.	100°.
0	1075	1075	1075	1075	1075
30 minutes	//	....	958	....	806
1 heure	//	....	886	776	715
1 heure 30 minutes	//	1036	...	...	620
2 heures	//	1011	836	672	530
3 »	//	968	770	565	413
4 »	//	951	720	//	//
5 »	//	920	654	//	//
8 jours	1040	//	//	//	//

Si l'on trace les courbes correspondantes on observe, pendant la première heure, une diminution rapide, puis elles deviennent rectilignes montrant une vitesse de décomposition constante croissant avec la température.

Toutes ces mesures ont été faites avec un viscosimètre type Ostwald en employant comme thermostat un vase d'Arsonval-Dewar. On corrige les très légères variations de température soit par addition de quelques centimètres cubes d'eau froide, soit en dégageant quelques calories au moyen

d'une spirale de fil de platine parcourue pendant quelques instants par un courant. L'uniformité de température est obtenue en envoyant avec une poire en caoutchouc quelques bulles d'air qui agitent le liquide. On obtient aussi avec la plus grande facilité des chiffres tout à fait constants.

Il reste à établir, ce que des essais en cours permettront je pense, quelle influence le dissolvant peut exercer sur la marche de la décomposition de la solution. Mais il semble dès maintenant que la régularité des chiffres obtenus permet d'espérer que ces différentes méthodes appliquées aux poudres permettront la détermination commode de leur stabilité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du sodammonium sur le diphénylméthane, le fluorène et l'indène. Diméthylfluorène.* Note de MM. **P. Lebeau** et **M. Picon**, présentée par M. A. Haller.

Le fluorène, l'indène et le diphénylméthane ont été choisis comme types de carbures possédant un radical CH^2 ayant un caractère acide.

Le diphénylméthane donne, sous l'action du potassium à 230°, un dérivé dipotassé (¹). Le sodammonium ne réagit pas à — 40°. A l'autoclave, à la température ordinaire, il se produit un dérivé sodé insoluble dans l'éther, mais cette réaction est très incomplète et même après 10 jours de contact, la transformation ne porte que sur 8 pour 100 environ du carbure mis en expérience.

Des dérivés mono ou dimétalliques du fluorène peuvent être obtenus en traitant ce carbure, soit par la potasse à 270°-290°, soit par l'amidure de sodium (²). Le sodium réagissant en présence d'alcool amylique fournit un décahydrure (³).

Le fluorène fournit, en présence d'un excès de sodammonium, un composé disodé dont la préparation exige l'emploi de l'autoclave et une température voisine de la température ordinaire.

Le dérivé sodé existe tout d'abord sous forme de dérivé ammoniacal relativement soluble dans l'éther et facilement dissociable. La plus grande partie forme un dépôt que l'on purifie par lavage répété à l'éther. Placé

(¹) Saint-Pierre, *Bulletin de la Société chimique*, 3ᵉ série, t. 5, p. 292.

(²) Weissberger, *Ber. der deut. chem. Gesell.*, t. 34, 1900, p. 1659, et t. 41, 1908, p. 2913.

(³) Schmidt et Mezger, *Ber. der deut. chem. Gesell.*, t. 40, 1907, p. 4566, et t. 41, 1908, p. 4229.

dans le vide, il perd complètement son ammoniac et se présente alors sous forme d'un composé blanc jaunâtre, très altérable à l'air. Traité par l'eau, il redonne du fluorène faiblement coloré en jaune pâle (P. F. 112°).

L'action du sodammonium consiste donc à remplacer par deux atomes de sodium les deux atomes d'hydrogène à caractère acide. Dans cette action, l'hydrogène déplacé par le sodium ne se dégage pas à l'état libre, il se combine à une partie du fluorène pour former un hydrure. Nous n'avons pu isoler cet hydrure à l'état pur, car il ne s'en forme qu'une petite quantité (environ 10 pour 100 du fluorène employé) et l'on ne peut le séparer facilement du dérivé sodé, car les liquides organiques qui permettent d'enlever cet hydrure dissolvent aussi une petite quantité du fluorène sodé ammoniacal.

Nous avons mis en évidence par quelques réactions l'activité des deux atomes de métal substitués dans le fluorène.

En faisant réagir un excès de chlorure de méthyle en milieu ammoniac liquide, il se produit en même temps que du chlorure de sodium un fluorène substitué, le diméthylfluorène, avec un rendement voisin de 80 pour 100 à partir du fluorène. C'est une substance solide fondant à 95°-96° (Bloc Maquenne) et bouillant à 286°,5 sous une pression de 764^{mm}.

Ce diméthylfluorène s'hydrogène par le sodammonium pour donner un tétrahydrure qui est un liquide bouillant à 280°-281° sous 762^{mm} et à 148°-149° sous 20^{mm}.

L'indène est hydrogéné par le sodium en présence d'alcool à 9° en fournissant un dihydrure bouillant à 176°-176°,5 [1]. On a signalé la formation d'un dérivé sodé [2] dans l'action de ce carbure sur le sodium dans une atmosphère de gaz ammoniac.

Dans l'ammoniac liquide, l'indène est solide. Par addition de sodammonium, il se produit une réaction qui se manifeste par la solubilisation de l'indène et une coloration violacée du liquide. La transformation du carbure est complète à l'autoclave et à la température ordinaire. Après départ de l'ammoniac, on traite par de l'éther de pétrole qui dissout une partie du produit. Par distillation, cet éther abandonne un liquide bouillant à 177°-178° sous 764^{mm} et dont la composition correspond à celle du dihydrure d'indène. Le rendement est de 50 pour 100.

---

(1) Kramer Spilker, *Ber. der deut. chem. Gesell.*, t. 23, 1890, p. 3276; t. 44, 1911, p. 1436.

(2) Weissberger, *Ber. der deut. chem. Gesell.*, t. 42, 1909, p. 569; t. 44, 1911, p. 1436.

Le dérivé insoluble dans l'éther de pétrole est constitué par le dérivé sodé de l'indène. Par suite de la difficulté actuelle pour se procurer les matières premières de fabrication de l'indène, l'étude du dérivé sodé n'a pu être poursuivie. Nous pouvons cependant affirmer que ce composé réagit avec le chlorure de méthyle en présence d'ammoniac liquide pour fournir un dérivé méthylé.

En résumé, le sodammonium réagit sur l'indène et le fluorène en donnant des dérivés sodés de substitution, en même temps qu'une certaine quantité de ces deux carbures est hydrogénée. L'indène fournit 50 pour 100 de dihydrure.

Le diphénylméthane ne réagit que lentement et très incomplètement sur le sodammonium en donnant un dérivé sodé. Au moyen du fluorène disodé, nous avons obtenu un nouveau carbure, le diméthylfluorène, qui, par hydrogénation par le sodammonium, fournit facilement un tétrahydrure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses d'alcools tertiaires effectuées à partir de la méthyléthylcétone.* Note de MM. **Pariselle** et **Simon**, présentée par M. Haller.

Ayant eu à notre disposition une quantité notable d'huile d'acétone provenant des eaux de désuintuage de la laine [1], nous l'avons soumise à un grand nombre de rectifications et avons ainsi isolé de la méthyléthylcétone très pure (Ebullition 79°-79°,5).

A partir de cette cétone, nous avons entrepris la synthèse de quelques alcools et des carbures éthyléniques correspondants.

Méthyl-3-pentanol-3. — Cet alcool avait déjà été préparé par plusieurs auteurs [2], [3], [4], et les méthodes employées consistaient toutes à faire réagir un composé organométallique du radical éthyle sur un dérivé de l'acide acétique. L'action du bromure d'éthylmagnésium sur la méthyléthylcétone nous a donné cet alcool avec de bien meilleurs rendements que les méthodes précédentes (65 pour 100).

C'est un liquide à odeur camphrée très accentuée dont voici les constantes

---

(1) A. et P. Buisine, *Comptes rendus*, t. **126**, 1898, p. 351.
(2) Butlerow, *Z.*, 1865, p. 615.
(3) Bayer, *C.*, 1906, p. 720.
(4) Henry, *R.*, t. **26**, p. 94.

physiques :

Température d'ébullition = 121°.

$$d_0 = 0,8452, \qquad d_t = \frac{d_0}{1 + \frac{t}{1000}} \qquad \text{(entre 0° et 40°)};$$

$$n_D^{21°} = 1,418, \qquad R_m = 31,07 \qquad \text{(calculé 31,24)}.$$

Méthyl-3-pentène-3. — L'alcool précédent, chauffé avec son poids de chlorure de zinc anhydre pulvérisé, donne avec un rendement presque quantitatif un carbure bouillant à 69° : c'est le méthyl-3-pentène-3 déjà obtenu par Tchaïkowsky (1), mais d'une façon plus détournée et avec un rendement assez faible :

$$d_0 = 0,7158, \qquad d_t = \frac{d_0}{1 + \frac{t}{750}} \qquad \text{(entre 0° et 40°)};$$

$$n_D^{20°} = 1,402, \qquad R_m = 29,33 \qquad \text{(calculé 29,39)}.$$

Méthyl-3-dibromo-3.4-pentane. — Ce carbure éthylénique dilué dans le tétrachlorure de carbone fixe 1^{mol} de brome (2). On obtient ainsi, après rectification, un dibromure qui bout à 83° sous 15^{mm}; sous la pression normale, l'ébullition a lieu à 161°, mais il y a une légère décomposition :

$$d_0 = 0,7158, \qquad d_{20} = 1,5752;$$

$$n_D^{20°} = 1,507, \qquad R_m = 46 \qquad \text{(calculé 45,5)}.$$

Il est difficile d'enlever 2^{mol} d'acide bromhydrique à ce dibromure. La potasse alcoolique n'en enlève qu'une molécule; par action de la potasse pulvérisée, on obtient un mélange d'*éthyl-2-butadiène-1.3* (Ebullition 72°-74°) et de méthyl-3-bromo-3-pentène (Ebullition 133°).

DIMÉTHYL-3.4-PENTANOL-3. — Ce corps, signalé deux fois dans la littérature chimique, ne nous semble pas avoir été réellement isolé. Pawlow (3) prétendait l'avoir obtenu par action du chlorure d'isobutyrile sur un mélange de zinc-méthyl et de zinc-éthyl. En réalité, le corps qu'il a isolé (Ébullition 124°) n'est autre que le *diméthyl-2.3-butanol-2*.

Kaschirsky (4), en faisant réagir le zinc-diméthyl sur le bromure de butyrile α bromé, obtient un heptanol qui, d'après lui, est *vraisemblable-*

---

(1) TCHAÏKOWSKY, *J.*, 1879, p. 350.

(2) Il se dégage un peu d'acide bromhydrique malgré la dilution, ce qui indique la formation d'une faible proportion de dérivés substitués.

(3) PAWLOW, *A.*, t. **183**, p. 124.

(4) KASCHIRSKY, *Ibid.*, t. **13**, p. 89; *B. Soc. ch.*, t. **29**, 1878, p. 539.

ment le méthyléthylisopropylcarbinol; il explique sa formation par une série de réactions complexes et démontre sa constitution par une oxydation. Il est à remarquer que la formation de diméthylisobutylcarbinol est tout aussi vraisemblable et s'explique d'une façon analogue.

Nous avons pu préparer cet alcool d'une façon indiscutable en faisant réagir le bromure d'isopropylmagnésium sur le méthyléthylcétone; voici les constantes physiques de diméthylpentanol dont quelques-unes s'écartent de celles signalées par Kaschirsky :

Température d'ébullition : 136° sous 760^{mm}; 50° sous 18^{mm} :

$$d_0 = 0,8586, \quad d_{20} = 0,8415;$$
$$n_D^{20} = 1,427, \quad R_m = 35,4 \quad \text{(calculé, 35,8)}.$$

Diméthyl-2.3-*pentène*-2. — Cet alcool, soumis à l'action du chlorure de zinc, nous a donné le diméthylpentène :

Température d'ébullition : 90°-92° (Pawlow indique 75°-80° et Kaschirsky 95°) :

$$d_{22} = 0,72, \quad n_D^{22} = 1,413, \quad R_m = 34 \quad \text{(calculé, 33,92)}.$$

Ce carbure éthylénique fixe 2^{at} de brome pour donner le diméthyl-2.3-dibromo-2.3-pentane :

Température d'ébullition : 97°-99° sous 15^{mm} :

$$d_{22} = 1,547, \quad n_D^{22} = 1.517, \quad R_m = 50,4 \quad \text{(calculé, 50,05)}.$$

Méthyl-5-heptène-4-one-3. — L'action de la méthyléthylcétone sur le bromure d'isopropylmagnésium présente une particularité intéressante. Le rendement en alcool tertiaire, qui était de 65 pour 100 avec le bromure d'éthyle, tombe ici à 25 pour 100 et il reste une quantité notable de magnésium inaltéré. Par contre, on trouve un poids sensiblement égal d'un produit secondaire qui, d'après l'analyse et la cryoscopie, répond à la formule $C^8H^{14}O$. Ce corps, qui fixe 1^{mol} de brome, possède la fonction cétone : c'est un isomère de la méthylhepténone naturelle.

Sa formation s'explique par l'action déshydratante du dérivé organomagnésien sur la méthyléthylcétone non entrée en réaction.

Cet homologue de l'oxyde de mésityle a les constantes suivantes :

Température d'ébullition : 163°-164° :

$$d_0 = 0,869, \quad n_D^{22} = 1,4428, \quad R_m = 39 \quad \text{(calculé, 38,68)}.$$

La déshydratation de la méthyléthylcétone a déjà été effectuée par plusieurs chimistes et le produit obtenu semble dépendre du mode de déshy-

dratation. MM. Bodroux et Taboury [1], en faisant agir le carbure de calcium, ont obtenu la *méthyl-5-heptène-4-one-3* et les constantes qu'ils indiquent sont très voisines de celles que nous avons trouvées. MM. Barbier et Leser [2], au contraire, en faisant agir l'acide chlorhydrique sur la même cétone, ont obtenu un composé notablement différent : il y a lieu de penser que ce dérivé est la *méthyl-5-heptène-4-one-2*.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Du pouvoir rotatoire dans les milieux cristallisés.* Note de M. **Louis Longchambon**, présentée par M. Fred. Wallerant.

I. Pasteur a montré que les corps doués du pouvoir rotatoire, à l'état liquide ou en solution, présentent des formes cristallines affectant la mériédrie non superposable. En réalité, le pouvoir rotatoire décèle l'absence d'éléments de symétrie inverse dans la molécule; cette dissymétrie se retrouve bien dans l'édifice cristallin, mais n'entraîne pas nécessairement une forme manifestant la mériédrie non superposable : d'une part, en effet, les faces sont déterminées par le réseau, ce qui rend possibles toutes les faces de la forme holoèdre; d'autre part, l'apparition des faces est liée aux conditions extérieures de la cristallisation (nature du solvant, substances étrangères, température, etc.). C'est ainsi que l'on connaît un certain nombre de substances (lupéone, bromure et sulfocyanure de cobaltitriéthylènediamine, etc.), pour lesquelles, malgré les efforts tentés pour faire apparaître les faces plagièdres, la forme cristalline a toujours gardé une apparence holoédrique : *l'édifice cristallin n'en est pas moins privé de centre et de plans de symétrie.*

La symétrie de ces cristaux est compatible avec l'existence du pouvoir rotatoire cristallin : on connaît effectivement quelques corps actifs en solution et à l'état cristallisé; le saccharose et l'acide tartrique en sont des exemples. Il est intéressant de rechercher si cette propriété est générale et quelles relations peuvent exister entre le pouvoir rotatoire cristallin et le pouvoir rotatoire moléculaire.

Tous les corps actifs en solution que j'ai étudiés à l'état cristallisé ont présenté, sans exception, le pouvoir rotatoire dans la direction des axes optiques. Ce sont : *les tartrates neutres d'ammoniaque, de soude, de potasse, les tartrates doubles de soude et potasse, de soude et ammoniaque, le tartrate*

(1) Bodroux et Taboury, *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 422.
(2) Barbier et Leser, *B. Soc. ch.*, t. 31, 1904, p. 278.

acide de strontiane, la tartramide, le bimalate de chaux, le bimalate d'ammoniaque, le molybdomalate d'ammoniaque ([1]), *l'asparagine, l'acide camphorique, l'oxime du camphre*. Il semble légitime d'admettre que toutes les substances analogues, douées du pouvoir rotatoire moléculaire, sont également actives à l'état cristallisé.

II. Avant de rechercher quelles relations quantitatives peuvent lier ces deux modes d'activité, il convenait d'examiner les cristaux présentant la même symétrie et n'ayant cependant pas de molécules actives : on sait, en effet, que quelques-uns de ces corps, chlorate de soude, quartz, sulfate de magnésie, etc., sont doués du pouvoir rotatoire; la dissymétrie résulte ici de l'arrangement; le pouvoir rotatoire que présentent ces cristaux dans les directions uniréfringentes est un pouvoir rotatoire *de structure*. On peut se demander si cette propriété n'est pas une conséquence forcée de la structure dissymétrique ([2]) : on devrait alors trouver le pouvoir rotatoire dans tous les cristaux appartenant à l'un des onze groupes de symétrie dépourvus d'éléments de symétrie inverse.

Mes recherches ont principalement porté sur les cristaux biaxes; j'ai fait un choix parmi les nombreuses substances dont les cristaux présentent la mériédrie non superposable, choix uniquement dicté par la facilité avec laquelle je pouvais me procurer les produits nécessaires à leur préparation. Douze corps ont été étudiés, tous présentent le pouvoir rotatoire de structure; en voici la liste : *le formiate de strontium à* $2H^2O$, *le formiate de baryum, le formiate de plomb, le chromate de magnésium à* $7H^2O$, *le sulfate de nickel à* $7H^2O$, *le sulfate de zinc à* $7H^2O$, *l'oxalate d'ammoniaque, l'oxalate double d'ammoniaque et de potasse, l'acide iodique, le sulfate d'hydrazine, l'arséniate de soude, le sulfate de lithium*. A cette liste il faut ajouter les deux corps biaxes actifs déjà connus avant ces recherches, le sulfate de magnésium et le phosphate de soude. Ces exemples paraissent en nombre suffisant pour permettre de considérer le pouvoir rotatoire de structure comme une conséquence inévitable de la dissymétrie cristalline ([3]).

([1]) Récemment isolé par M. Darmois (*Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 348).

([2]) Dissymétrique, au sens ordinaire du mot, ainsi que l'utilise Pasteur (dissymétrie moléculaire) pour désigner l'absence de centre et de plan de symétrie.

([3]) Je n'ignore pas que les nitrates de plomb et de baryum sont inactifs malgré qu'ils présentent l'hémiédrie énantiomorphe du système cubique; tous les cristaux actifs de ce système sont tétartoèdres (chlorate de soude, etc.) L'hémiédrie non superposable du système cubique ferait-elle seule exception? Je cherche actuellement à établir avec certitude le degré de symétrie de ces corps et leur inactivité.

III. Si nous reprenons maintenant les cristaux des substances actives en solution, nous voyons que le pouvoir rotatoire observé est la résultante du pouvoir rotatoire de structure, dû à l'arrangement dissymétrique, et du pouvoir rotatoire moléculaire; or nous ne savons rien, *a priori*, sur l'ordre de grandeur du pouvoir rotatoire de structure; il faut donc renoncer, provisoirement, à chercher une relation entre le pouvoir rotatoire observé dans les cristaux et le pouvoir rotatoire moléculaire des solutions ou des liquides.

IV. Un certain nombre de cristaux m'ont permis de faire de bonnes mesures et j'ai pu déterminer la dispersion rotatoire en utilisant les différentes raies de l'arc au mercure. Les rotations sont données en degrés et correspondent à une épaisseur de cristal de 1^{mm}:

λ.....	0,578.	0,546.	0,436.
	°	°	°
Formiate de strontium ($2H^2O$).	0,75	1	2
Formiate de plomb...........	15,6	18	39,5
Sulfate de magnésie ($7H^2O$)....	1,98	2,3	3,18
Sulfate de zinc ($7H^2O$)........	2,41	2,72	4,05
Sulfate de nickel ($7H^2O$)......	6,1	6,31	absorbée
Chromate de magnésie ($7H^2O$).	5,6	6,74	8,13
Sulfate d'hydrazine...........	2,8	3,05	4
Oxalate d'ammoniaque (H^2O)..	12	13,7	20
Acide iodique................	50,5	58,7	74,5
Asparagine..................	— 6,2	— 7,2	— 9,7
Tartrate d'ammoniaque........	— 8,9	—10	—16
Molybdomalate d'ammoniaque..	+32	+37	+72

On remarquera les pouvoirs rotatoires élevés du molybdomalate d'ammoniaque et de l'acide iodique.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension verticale du facies marneux à Céphalopodes pyriteux dans l'île d'Ibiza.* Note (¹) de MM. **P. Fallot** et **H. Termier**, transmise par M. Kilian.

D'après Vidal et Nolan on admettait l'existence à Ibiza d'une série sédimentaire bathyale continue entre le Tithonique et l'Aptien supérieur, série coupée par l'intercalation d'un épisode zoogène correspondant à l'Urgonien. L'étude des faunes pyriteuses du Crétacé de cette île nous permet, en outre

(¹) Séance du 4 juillet 1921.

d'une étude paléontologique qui comportera la description de nombreuses formes nouvelles et qui paraîtra ultérieurement, d'apporter ici quelques résultats nouveaux quant à la paléogéographie de l'Espagne méridionale.

Les marnes à Céphalopodes pyriteux ne sont connues qu'au sud-est d'Ibiza, dans de nombreux gisements groupés autour de quatre affleurements principaux, savoir, du Nord-Est au Sud-Ouest, les régions de Cala del Jonc et du revers de la Punta Grossa (J), Llibrell (L), Yondal (Y), et Cubells (C).

Bien que la faune des divers étages du Néocomien n'y soit pas partout représentée avec une égale richesse, elle apparaît en tous ces points avec une si grande homogénéité et dans une succession si régulière et constante de sédiments marneux qu'il est possible d'en donner pour tous les étages reconnus une première énumération globale, savoir :

Valanginien : *L. Liebigi* Opp. (L); *Ph. semisulcatum* d'Orb. (Y); *Holc. stephanophorus* Math. (L); *Terebr. Moutoniana* d'Orb. (Y).

Hauterivien : *Ph. Tethys* d'Orb. (Y); *Lissoc. Grasi* d'Orb. (Y); *Streblites Sayni* Paq. (Y); *Desmoc. assimile* Math. (L); *Astieria Astieri* d'Orb. (Y, L); *A. Sayni* Kil. (Y); *A. hispanica* Mall. (L); *Acanthodiscus Ottmeri* N. et Uhl. (L); *Neocomites paucinodus* N. et Uhl. (L); *Neoc. oxygonius* N. et Uhl. (L); *Crioc. Emerici* d'Orb. (Y): *Cr. jurense* Kil. (Y); *Duvalia lata* d'Orb. (L); *D. dilatata* (L, Y); *Hibol. jaculiformis* Schw. (L); *H. Josephinæ* Hon. (J, Y, C); *H. minaret* R. (J); *Aptychus angulicostatus* P. et de L.; *Rhynch. lineolata* Phill. (L).

Barrémien : *Lyt. crebrisulcatum* Uhl. (Y); *L. strangulatum* d'Orb. (Y); *Macr. Yvani* d'Orb. (L); *Macr. striatisulcatus* d'Orb. (Y, L); *Costid. recticostatus* d'Orb. (Y); *Hamulina Boutini* d'Orb. (Y, L); *Hamites virgulatus* Br. (J); *Ph. infundibulum* d'Orb. (Y); *Ph. Tethys* d'Orb. (Y, L); *Ph. Eichwaldi* Kar. (J, Y, L); *Ph. Prendeli* Kar. (Y); *Ph. Ernesti* Uhl. (L); *Pulch. pulchella* d'Orb. (L, C); *P. compressissima* d'Orb. (L); *P. Mariolæ* Nick. (J); *H. Ouachensis* Sayn (Y); *Desm. difficile* d'Orb. (Y, J); *D. subdifficile* Kar. (Y, L, C, J); *D. strettostoma* Uhl. (Y, L, J); *D. Gouxi* Sayn. (J); *D. psilostoma* Uhl. (Y); *D. cassidoides* Uhl. (Y); *D. hemiphychum* Kil. (L, C); *Uhligella Monicæ* Coq. (Y); *Uhl. Seguenzæ* Coq. (Y, L); *Silesites Seranonis* d'Orb. (J); *S. Seranonis* var. *interpositus* Coq. (J, Y, L); *S. Ser.* var. *Balearensis* Fall. (J); *Spitidiscus Nicklesi* Kar. (L); *Spit. intermedius* d'Orb. (Y, C); *Sp. Alcoyensis* Nick (L); *Sp. incertus* d'Orb. (L.); *Holc. camelinus* d'Orb. (J); *H. Sophonisba* Coq. (J); *H. Zigzag* Karst. (L); *H. fallax* Math. (Y); *H. Henoni* Coq. (Y); *Toxoceras Honnoratianum* d'Orb. (J); *Leptoceras Cirtæ* Coq. (L, J); *L. assimile* Uhl. (J, Y); *L. Henoni* Coq. (C); *Parah. angulicostatus* d'Orb. (L, Y, C); *Apt. angulicostatus* P. et de L. (J); *A. Didayi* Coq. (J); *Hibol. minaret* Rasp. (Y); *H. jaculum* Uhl. (Y); *Duvalia Grasi* d'Orb. (Y, L).

Aptien : *Tetr. Jacobi* Kil. (Y); *Tetr. Duvali* d'Orb. (C); *Ptychoceras læve* Math. (C, Y, J); *Heteroc. Astieri* d'Orb. (Y); *Phylloc. Rouyanum* d'Orb. (C, J, L); *Ph. Rouyanum* var. *baborense* Coq. (C, J); *Ph. picturatum* (L, J); *Ph. Guettardi*

Rasp. (Y); *Ph. lateumbilicatum* Perv. (J); *Oppelia Nisus* d'Orb. (C, Y); *Uhl.* cf. *impressa* d'Orb. (Y); *Sonn. raresulcata* Sayn. (J); *P. Angladei* Sayn. (J, Y); *P. Getulina* Coq. (J, C); *P. Melchioris* Tietze (J, C, L); *P.* cf. *Matheroni* d'Orb. (L); *Parah. subfissicostatus* Sinz. (J); *P. Deshayesi* Leym. (Y); *P.* groupe *Weissi-consobrinus* (Y); *Par. gargasensis* d'Orb. (J, C); *Par. crassicostatus* (J, C); *Douv. Martini* d'Orb. (C, Y); *D. Cornuelianum* d'Orb. (C); *Neohib. aptiensis* Stoll. (L); *Neohib. semicanaliculatus* Bl. var. *minor* Kil. (L, Y); *Neohib. semicanaliculatus* Bl. var. *Strombeckiformis* Stoll. (Y); *Plicatula placunea* Lk. (Y).

Gault : *Ham. attenuatus* Sow. (Y); *Ph. Velledæ* Mich. (Y); *Ph. Morelianum* d'Orb. (J); *Desm.* cf. *Revoili* Perv. (Y); *Latidorsella latidorsata* Mich. et Var. (Y); *Mortonic Candollianum* P. et Rx. (C).

On remarquera ici que la sédimentation, presque bathyale dès le Tithonique, se poursuit plus longuement et plus uniformément encore que dans la région alpine. La faune du Barrémien y est analogue à celles d'Algérie et de la province d'Alicante, avec toutefois plus de formes lisses que dans cette dernière contrée. Cette différence s'accentue dans les couches de passage du Barrémien à l'Aptien (Anticlinaux couchés de Yondal et Llibrell) et de l'Aptien franc qui sont ici riches en Ammonites lisses, alors que dans la Péninsule règne le faciès urgonien. Enfin l'Aptien passe au Gault à Cubells et Llentrisca, où le Crétacé moyen revêt des caractères un peu moins profonds.

Or cette série crétacée marneuse, *continue* depuis le Tithonique jusqu'à l'Albien inclus, paraît être liée aux plus méridionaux des éléments tectoniques dont l'empilement constitue l'île d'Ibiza ([1]).

Les formations récifales signalées par Nolan existent toutefois sous forme de dépôts urgoniens avec zones à Orbitolines peuplées d'une abondante faune littorale. Mais au lieu de constituer un épisode zoogène intercalé dans des sédiments à faciès profond, elles remplacent graduellement dans les écailles inférieures, c'est-à-dire vers le Nord-Est, les formations de haute mer étudiées plus haut, dont elles représentent pour le Barrémo-Aptien, un équivalent latéral.

A Majorque on connaît de même la persistance du faciès de haute mer du Tithonique au Gault supérieur.

A Minorque, des dépôts marneux qui ne sont conservés qu'à Pontinat, Bufareta et Es Cabó ont fourni (Coll. Nolan et Hermite) de petits fossiles pyriteux appartenant au Valanginien, au Barrémien et à l'Aptien, parmi lesquels prédominent les Ammonites ornées, les Térébratules, les Plicatules, et où les *Phylloceras* et les *Lytoceras* sont très rares. Enfin c'est à Minorque que Nolan a signalé *Matheronia Arnaudi* Math. sp., forme éminemment récifale.

Malgré les lacunes considérables qui existent encore dans nos connais-

([1]) Voir *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 103 et 186.

sances, il semble qu'on puisse d'ores et déjà formuler les hypothèses suivantes quant à la répartition des faciès du Crétacé inférieur :

La province d'Alicante, les écailles inférieures d'Ibiza et Minorque ont dû appartenir à la bordure septentrionale de la Thétys néocomienne dans le sud-est de l'Espagne. Cette bordure sur une zone très large (il y a plus de 200^{km} d'Ibiza à la région de Tortosa) se trouve envahie au Barrémo-Aptien par les formations urgoniennes. Immédiatement au Sud-Est commençaient les parties profondes du géosynclinal dont, à Ibiza, les dépôts ont été transportés par imbrication sur les écailles à faciès urgonien.

A Majorque la présence du faciès de haute mer à l'exclusion de toute formation littorale peut être le fait d'une avancée vers le Nord-Ouest des parties profondes du géosynclinal, mais l'extension des phénomènes de charriage dans cette île permettrait aussi d'expliquer le caractère des sédiments crétacés qu'on y rencontre par l'origine méridionale des éléments tectoniques qui les comportent.

Minorque, enfin, correspond, selon toute apparence, à une région autochtone, *seul jalon vraiment en place* parmi ceux qui servent à situer les diverses zones de sédimentation de la mer néocomienne dans l'archipel baléare.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'établissement des moyennes en Météorologie.* Note [1] de M. **Jean Mascart**, présentée par M. B. Baillaud.

La connaissance de la valeur moyenne d'un élément météorologique est indispensable dans toutes les études de Climatologie ; c'est pourquoi, pour chaque jour de l'année, on établit ce que l'on appelle la *moyenne normale* de cet élément. Ce calcul, d'apparence très simple, comporte, en réalité, quelques difficultés : s'il faut, par exemple, définir la température moyenne d'une journée donnée, plusieurs procédés peuvent être logiquement employés dont les résultats ne sont pas identiques; au contraire, pour certains éléments, tels que la température maximum, la durée d'insolation, la quantité d'eau tombée de 0 à 24 heures, etc., le calcul ne présente pas d'aléa.

Nous allons nous placer dans ce dernier cas, plus simple, pour montrer que l'établissement de moyennes normales précises offre encore une partie fort délicate.

(1) Séance du 4 juillet 1921.

Ces études de Climatologie se rapportent à deux groupes d'applications possibles : des applications réellement pratiques aux questions d'économie rurale et des applications théoriques à la variabilité des climats, à la connaissance de singularités telles que celles qui sont connues sous le nom de *Saints de Glace* ou d'*Été de la Saint-Martin*

Prenons l'exemple des Saints de Glace (11, 12, 13 mai). La courbe des températures moyennes, en diverses localités (à Paris du 10 au 12 mai), présente, vers cette époque, un minimum et l'on s'est préoccupé bien souvent d'en chercher l'origine ; mais on n'a pas recherché si cette diminution de température était *réelle* ou s'il ne s'agissait que d'un jeu de la statistique, ce qui pourrait être.

Deux cas particuliers feront bien comprendre la difficulté de la question. Chez un peuple qui aurait un calendrier lunaire, la moyenne des températures observées le 11 mai pendant plusieurs années ne correspondrait en réalité à aucune position de la Terre sur son orbite; dans le calendrier Julien lui-même, si l'on veut étudier la variabilité des climats, les températures réparties sur plusieurs siècles ne seront pas relatives à une même date.

Or, avant de chercher des périodes et des causes secondaires, il faudrait élucider complètement l'action principale, celle du Soleil, de façon que l'élément étudié corresponde, autant que possible, à la même position relative de la Terre et du Soleil : à cet égard, le calendrier grégorien est insuffisant lui aussi, avec l'introduction du 29 février dont on néglige souvent les éléments dans les statistiques.

Pour remédier à ces inconvénients, nous avons songé à utiliser une année solaire très simple. Considérons, par exemple, l'année 1900 prise pour année type : le 11 mai, la Terre parcourt un arc AB sur son orbite. Nous appelons 11 mai, dans une année quelconque, le jour de l'année où l'arc parcouru par la Terre se trouve pour plus de sa moitié sur l'arc AB [1]; tous les 11 mai correspondent alors sensiblement au même emplacement de la Terre.

Pour les moyennes normales, telles qu'elles sont établies jusqu'ici, on reconnaît alors que les éléments affectés au 11 mai correspondent en réalité soit au 10, soit au 11, soit au 12. Il n'y aurait pas grand mal si chacun de ces trois jours intervenait le même nombre de fois : on pourrait perdre

---

(1) Tous les 1508 jours, ce phénomène a lieu pour 2 jours consécutifs : il y a alors, par exemple, deux 11 mai de suite.

cependant de petites singularités. Mais il n'en est rien quand on regarde de plus près la correspondance et l'on constate que chaque jour de l'année est un mélange en proportion capricieuse de trois jours consécutifs, inconvénient qui ne disparaîtrait que sur de très nombreux siècles.

Avec notre procédé, le jour marqué correspond, autant que possible, à la position de la Terre sur sa trajectoire : et puisque le Soleil est le régulateur essentiel des météores, nous devons obtenir plus de régularité dans la représentation moyenne des éléments météorologiques; par contre, les singularités qui viendraient à s'aggraver prendraient d'autant plus d'existence réelle, sans que l'on puisse trop incriminer des séries d'observations d'une étendue insuffisante, et c'est à ce moment seulement qu'il y aurait lieu d'en rechercher l'origine.

Nous ne pouvons pas indiquer ici les très nombreuses remarques auxquelles nous avons été conduits par de longs dépouillements basés sur ce principe : en fait, les moyennes que nous apportons désormais pour les éléments météorologiques sont en relation beaucoup plus étroite avec la position du Soleil, à un demi-jour près, au lieu de provenir de nombres inégalement répartis sur trois journées consécutives.

Un exemple numérique fera bien comprendre l'ordre de grandeur des modifications apportées.

Si, sur 40 années d'observations, on étudie le nombre de jours de gelée à chaque date de l'année, on obtient un graphique qui présente certaines singularités : la somme des carrés des écarts successifs, différences des nombres qui correspondent aux jours consécutifs, est de 2135. Avec notre calendrier solaire, cette somme n'est plus que de 1758 : la différence est considérable, car ce dernier nombre est beaucoup plus rapproché du total correspondant à une courbe régulière; et ceci tend à prouver que les singularités observées sont purement accidentelles et qu'il n'y a pas de dates privilégiées.

Nous donnerons ailleurs d'autres conclusions détaillées.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les fondements de la classification rationnelle des nuages.* Note (¹) de M. PH. SCHERESCHEWSKY, présentée par M. R. Bourgeois.

La classification internationale des nuages adoptée il y a un quart de siècle est devenue complètement insuffisante, tant au point de vue pratique

(¹) Séance du 4 juillet 1921.

qu'au point de vue théorique. Au point de vue pratique, il est indispensable aujourd'hui de décrire le ciel d'une façon beaucoup plus précise depuis que les avions ont commencé leurs grands voyages. Au point de vue théorique, dans une science comme la Météorologie où la partie descriptive tient encore une grande place, une classification rationnelle est une façon expressive de résumer les propriétés des éléments étudiés; elle établit comme le bilan de nos connaissances. Or nos connaissances des propriétés des nuages ont largement progressé.

La classification internationale est exclusivement fondée sur la forme et l'altitude des nuages. On a fait des efforts pour l'améliorer; mais ces essais se sont bornés à multiplier les termes de la classification de façon à y faire entrer le plus grand nombre possible des formes nuageuses observées.

La classification internationale présente l'inconvénient de permettre de classer des nuages différents sous une même dénomination et inversement de donner des noms différents à des formes nuageuses voisines. Les classifications qu'on a proposées ensuite évitent en partie cet inconvénient, mais au prix d'une extrême complication, et cette complication, aussi grande soit-elle, risque de croître encore puisqu'il y restera toujours des formes nuageuses qui ne s'y rangeront point. En réalité le progrès ne peut pas venir d'un simple foisonnement de la terminologie, et c'est la base même de toutes ces classifications qu'il faut rejeter.

La cause des défauts que nous signalons réside dans l'absence d'un principe directeur assez général pour qu'on y attache les formes nuageuses actuellement distinctes, assez souple pour accueillir celles qu'on sera amené à distinguer dans l'avenir. Ni la forme ni l'altitude des nuages ne se sont montrés capables de jouer ce rôle.

Le principe directeur de la classification étant trouvé, une nomenclature rationnelle sera celle qui rappellera dans une terminologie concise le maximum des propriétés des nuages. Celle de la Chimie organique constitue un excellent exemple à cet égard.

La notion de systèmes nuageux exposée dans une Note antérieure nous met en possession du principe directeur nécessaire. Le concept de système nuageux exprime ce fait que les différents états du ciel observés sur une grande étendue géographique constituent des groupements, une sorte de corps social soumis à des transformations dans le temps, mais gardant cependant une individualité nette. Il fournit donc un principe directeur pour classer les états du ciel, c'est-à-dire les ensembles de nuages simultanément présents en une même station. Chaque état du ciel sera défini par son

emplacement dans le système nuageux dont il fait partie et par le type de ce système.

Passons maintenant aux nuages eux-mêmes. Ce qui a été dit des états du ciel peut se répéter des formes nuageuses. Chacune d'elles se rencontre dans une zone définie d'un système défini. Le nom d'un nuage sera alors l'expression de l'emplacement qu'il occupe dans un système nuageux déterminé. Les nuages ne seront donc plus regardés, comme aujourd'hui, comme des individus isolés, mais comme des parties d'un ensemble : l'état du ciel, qui n'est lui-même qu'une fraction d'un ensemble plus vaste : le système nuageux. Pour préciser la détermination d'un nuage dans un certain « état du ciel », il n'y a d'ailleurs pas d'inconvénient à recourir aux procédés de l'ancienne classification par altitude, puisqu'il peut y avoir en tout point d'un système des nuages supérieurs, moyens ou inférieurs. On dira par exemple alto-cumulus de la marge d'un système dépressionnaire. Deux types de nuages en dehors joueront un rôle un peu particulier dans ce mode de nomenclature parce qu'ils remplissent les intervalles de systèmes sans en faire partie : ce sont les cirrus isolés et les cumulus de beau temps (*cumulus-humilis* de Vincent).

Le principe de la classification étant établi, les noms mêmes qu'il convient d'adopter pour chacune des formes nuageuses ne sauraient plus être un sujet de discussion fondamental. On pourra faire aux anciens usages et aux préférences nationales des météorologistes toutes les concessions, sous réserve que le principe même de la classification soit respecté. Il n'y aura en particulier aucun inconvénient à conserver en grand nombre les dénominations morphologiques actuellement en usage puisque leur multiplicité et leur apparence complexe se disposeront désormais dans un schéma simple et scientifiquement fondé sur le principe des systèmes nuageux. Il nous semble néanmoins qu'il y aura intérêt à éviter des expressions un peu longues comme celles que nous avons données comme spécimen plus haut. Ici encore on s'inspirera utilement de la Chimie en désignant par exemple un nuage par trois lettres indiquant successivement le type du système, le secteur du système et la caractéristique morphologique (altitude et forme).

BOTANIQUE. — *Du rôle du chondriome dans la formation des essences dans les plantes.* Note de M. **Jean Politis**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nous avons commencé une étude dans le but d'essayer de résoudre la question de savoir par quels processus cytologiques l'essence apparaît dans

la cellule. A cet effet, nous avons examiné les poils sécréteurs d'un certain nombre d'espèces végétales appartenant aux familles des Labiées et des Géraniacées.

Labiées. — Dans cette famille, nos observations ont porté sur de jeunes poils sécréteurs en voie de développement du *Mentha piperita* L., *Mentha Pulegium* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Thymus vulgaris* L.

En examinant ces poils au début de leur formation, on peut observer dans leurs cellules sécrétrices de nombreux chondriocontes allongés et flexueux qui renferment un composé tannique. A l'aide du microscope, il est facile de mettre en évidence la présence de ce composé tannique en introduisant sous la préparation observée un courant d'une solution de perchlorure de fer, d'acide osmique ou de bleu de méthylène. Plus loin, on voit ces chondriocontes s'épaissir légèrement et former chacun un renflement à leurs deux extrémités. Ces renflements grossissent et finissent par s'isoler par suite d'une séparation produite dans la partie effilée qui les unit. Les deux renflements une fois séparés prennent la forme de sphérules. Ces sphérules augmentent peu à peu de dimension, puis s'introduisent dans des vacuoles formées dans la cellule où ils subsistent quelque temps pour se dissoudre finalement dans le suc vacuolaire.

Parfois elles semblent se fusionner pour constituer de grosses masses à contour irrégulier. C'est le processus décrit par Guilliermond pour la formation des composés phénoliques incolores ou pigmentés, après que nous avons montré que, dans un certain nombre de fleurs, ces composés peuvent apparaître d'abord dans le cytoplasme au sein de corpuscules spéciaux.

On trouve donc, dans les cellules sécrétrices de ces poils, de nombreuses mitochondries au sein desquelles naissent des composés tanniques. Avec l'âge, la quantité de ces composés augmente, et le contenu des vacuoles devient réfringent. Alors apparaissent les huiles essentielles.

Géraniacées. — La formation d'un composé tannique au sein des mitochondries peut être aussi suivie avec beaucoup de netteté dans les poils sécréteurs des *Pelargonium odoratissimum* Soland.

Si l'on place, dans une solution à 1 pour 100 d'acide osmique, une coupe tangentielle à la face externe des jeunes feuilles du *Pelargonium*, on constate, dans les cellules sécrétrices des poils, que les chondriocontes qui n'ont pas encore élaboré le composé tannique prennent une teinte d'un gris jaunâtre très pâle, tandis que ceux qui sont imprégnés de ce composé noircissent fortement, de même que les sphérules dérivées des mitochondries et le contenu des vacuoles qui renferment du tanin.

La démonstration que le produit de sécrétion des mitochondries est un composé présentant les caractères des tanins peut être faite aussi en traitant ces coupes par le perchlorure de fer.

Enfin, il est facile d'obtenir de belles colorations du composé tannique, en plaçant une coupe de l'épiderme dans une solution de bleu de méthylène.

Dans les poils sécréteurs de ces plantes apparaît donc bientôt du tanin en abondance qui se forme au sein de mitochondries. Plus tard, on voit se former l'essence; et, tandis qu'elle augmente de quantité, le tanin diminue.

On a prétendu (Tschirch) que les essences et les résines naissent effectivement dans la membrane dont elles ne seraient qu'un produit d'altération. La lame épaissie et gélifiée de la membrane où se formerait la substance résineuse constitue pour M. Tschirch la couche résinogène, qu'il considère comme le « foyer de la sécrétion », le « laboratoire de la production de la résine ».

Cependant on ne peut regarder actuellement comme démontré ce rôle spécial de la « couche résinogène ». On ne connaît pas d'excrétion de cette sorte qui serait faite à partir de la membrane d'une cellule ayant perdu son plasma. Dans les cas que nous avons examinés, l'interprétation suivante des faits nous paraît la plus vraisemblable. Certaines essences proviendraient d'une modification de tanin. Ces matières sont élaborées au sein des mitochondries qui se trouvent toujours nombreuses dans les poils sécréteurs que nous avons examinés.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Rôle du potassium dans le chimisme et les fonctions reproductrices des Champignons.* Note de M. **Marin Molliard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

C'est une notion très banale que l'apparition des organes de reproduction dans les cultures de Champignons et de Bactéries coïncide avec un épuisement du milieu nutritif; on retrouve d'ailleurs le même fait chez les végétaux supérieurs, comme en témoigne la floraison précoce des plantes insuffisamment nourries; mais les conditions exactes dans lesquelles le phénomène se produit nous sont encore inconnues et je crois intéressant de montrer comment, au cours de mes recherches sur la nutrition du *Sterigmatocystis nigra*, j'ai pu préciser certaines d'entre elles.

Si l'on met à la disposition de la Mucédinée un liquide dont la composition est telle que le sucre, la substance azotée et les sels minéraux dispa-

raissent en même temps de la culture, on constate que les conidies ne se forment que lorsque le milieu est épuisé; c'est avec le début de la période d'autolyse que coïncide la formation des appareils de reproduction; mais tous les éléments chimiques qui assurent le développement interviennent-ils ici au même titre?

Pour nous en rendre compte, remplaçons le milieu de culture précédent par un milieu déséquilibré, ne contenant qu'une fraction assez faible d'une des substances alimentaires; n'introduisons par exemple qu'une quantité réduite de la source d'azote; nous constatons qu'après s'être développé normalement le Champignon cesse d'accroître le poids de sa matière sèche, bien qu'il reste encore à sa disposition une quantité notable de sucre, et en même temps nous voyons le mycélium se couvrir de conidiophores; les appareils reproducteurs se trouvent donc déterminés dans cette expérience par une inanition en azote.

Établissons de même des cultures de la Mucédinée sur un milieu dans lequel on n'introduit qu'une faible quantité de potassium; on ne dissout à cet effet qu'une fraction de la dose de phosphate monopotassique correspondant au milieu nutritif normal et on laisse constante la quantité de phosphore par l'addition d'une quantité équivalente de phosphate disodique. Ici encore le poids du mycélium est fortement réduit et il cesse de s'accroître à un moment où il reste encore du sucre à la disposition de la plante; mais nous constatons qu'à l'inverse de ce qui se produisait en inanition d'azote il ne se forme pas ici de conidies; le mycélium reste absolument stérile.

L'addition de phosphate disodique n'intervient d'ailleurs pas; prenons en effet une culture où la dose de potassium a été réduite au $\frac{1}{80}$ et laissons-la se développer à 35° pendant dix jours; au bout de ce temps substituons aseptiquement au liquide primitif : d'abord de l'eau stérilisée destinée à laver le mycélium, puis une solution aqueuse de sucre et de potassium sous forme de chlorure de potassium (liquide A), ou même simplement une solution de sucre dépourvue de toute substance azotée et minérale (liquide B).

En présence du liquide A, le mycélium, d'abord entièrement blanc, prend rapidement une teinte jaune très accentuée, puis forme des conidiophores; sur le liquide B il reste stérile; c'est donc bien à l'absence de potassium qu'on doit rapporter ce dernier caractère.

La manière dont le mycélium se comporte chimiquement vis-à-vis des deux liquides substitués est également très différente; on constate que, dix jours après la substitution, il n'y a plus de sucre dans le liquide A, alors qu'il en reste encore dans le liquide B; de plus, dans le premier cas, il ne

se forme que de petites quantités d'acide oxalique, alors qu'il s'en constitue beaucoup, mélangé à de l'acide citrique, dans le liquide intentionnellement privé de potassium. Cet élément favorise donc la consommation du sucre et la respiration normale, comme il apparaît nécessaire à la formation des appareils reproducteurs.

Il s'agit, avec le *Sterigmatocystis nigra* d'organes conidiens de multiplication; il n'était pas inutile de rechercher si les organes de la reproduction sexuée se comportaient de même; je me suis adressé, pour répéter les expériences précédentes, à un *Eurotium* à gros périthèces orangés que j'ai également cultivé sur un milieu nutritif complet (I), ou ne contenant qu'une petite quantité d'azote (II) ou de potassium (III). Sur le liquide I, j'ai obtenu un mycélium blanc et ras, ne présentant ni conidies ni périthèces tant qu'un excès de sucre subsistait, mais formant les deux sortes d'organes reproducteurs quand le liquide est entièrement épuisé. Avec le liquide II, le mycélium blanc produit très rapidement conidies et périthèces, alors même qu'il subsiste encore du sucre. En inanition de potassium le mycélium formé est très touffu, d'abord d'un blanc pur, puis il prend une teinte rose orangé très accentuée (cette teinte est assez exactement celle du *Cephalothecium roseum*); contrairement à ce qui se passe en II, il ne se produit ici ni conidies ni périthèces; ces derniers ont donc besoin aussi d'une quantité suffisante de potassium pour leur formation. Il est impossible de ne pas rapprocher de ces résultats ceux que Nobbe a obtenus en ce qui concerne le Sarrasin qui ne constitue pas de fleurs lorsqu'on ne lui fournit pas de potassium.

Les faits que je viens de rapporter me paraissent avoir une certaine portée générale; outre qu'ils précisent le rôle fondamental joué par les éléments minéraux dans le chimisme des êtres vivants, ils établissent pour ces éléments une spécificité au point de vue de leur rôle individuel; cette spécificité se traduit de deux manières : d'une manière chimique et d'une manière morphologique; de la confrontation des deux sortes de résultats nous devons pénétrer plus avant dans l'étude des rapports existant entre les réactions chimiques et le développement morphologique de la matière vivante.

PHYSIOLOGIE. — *Étude électrocardiographique de l'arrêt du cœur dans l'électrocution.* Note [1] de MM. **Cluzet** et **Bonnamour**, transmise par M. d'Arsonval.

Depuis les travaux de d'Arsonval, de Prévost et Batelli, on sait que les courants à basse tension peuvent déterminer la mort, par arrêt du cœur en trémulations fibrillaires, et non par inhibition respiratoire, comme les courants à haut voltage. Nous avons étudié, au moyen d'électrocardiogrammes, l'arrêt du cœur chez le chien et le lapin, électrocutés par le courant continu à 110 volts.

Dans la plupart de nos expériences, les modifications présentées par les tracés électrocardiographiques étaient à chaque instant interprétés par nos constatations *de visu* sur le cœur des animaux. Ceux-ci étaient maintenus de telle sorte que la patte droite antérieure et la patte gauche postérieure plongeaient dans les électrodes impolarisables, et, après anesthésie à l'éther et trachéotomie, on pratiquait la respiration artificielle, puis on découvrait le cœur. On procédait enfin à l'électrocution, par courant continu à 110 volts et un demi-ampère; le courant traversait l'animal de la tête au rectum.

Lorsque le passage du courant avait une durée de 1 à 2 minutes, la trémulation se produisait aussitôt après l'ouverture du circuit. Quelquefois, on voyait apparaître des mouvements de reptation dans toute l'étendue des ventricules, alors que les oreillettes présentaient encore des contractions rythmées; d'autres fois, il se produisait aux oreillettes, comme aux ventricules, des mouvements très rapides, sans aucun rythme, et dont l'amplitude devenait de plus en plus faible.

La trémulation, ainsi observée sur le cœur, s'est traduite sur les tracés par de continuelles oscillations dont la hauteur, la fréquence et la forme varient constamment. Les tracés se caractérisent surtout par leur irrégularité et par la grande hauteur de la plupart des oscillations; il est impossible de distinguer, par exemple, un complexe ventriculaire, une extrasystole, ou même un court fragment de ligne isoélectrique. Leur aspect, cependant, n'est pas celui que donnent les tracés de la fibrillation auriculaire, avec leurs oscillations de grande fréquence, mais de faible hauteur, et assez bien rythmées. Il s'agit d'un tracé tout à fait caractéristique, répondant bien,

(1) Séance du 4 juillet 1921.

semble-t-il, à une fibrillation complètement irrégulière ou, suivant l'expression de d'Halluin, à la folie fibrillaire du cœur.

Après quelques minutes, la fibrillation des ventricules devenait moins apparente; on voyait seulement quelques petits mouvements de reptation, semblant partir des oreillettes. Puis les ventricules devenaient complètement immobiles, tandis que les contractions des oreillettes, quelquefois rythmées, mais le plus souvent fibrillaires, continuaient d'une manière très apparente.

Sur les tracés correspondant à cette période, on constate un changement bien net. Les grandes oscillations s'espacent de plus en plus, puis disparaissent, et il ne reste plus bientôt qu'une ligne sinueuse, à oscillations toujours très irrégulières, mais de faible hauteur. Même dans les cas où, à ce moment, les oreillettes nous ont paru présenter encore des contractions bien rythmées, les tracés montrent des ondulations continuelles et irrégulières, ne permettant pas de distinguer un rythme auriculaire.

Enfin, les contractions rythmées de l'oreillette, ou sa fibrillation, disparaissaient à leur tour et, lorsque le cœur paraissait complètement arrêté, le tracé ne se composait plus en général que d'une ligne droite, sans aucune oscillation. Cependant pour quelques sujets, le tracé présentait encore des oscillations de grande amplitude à une période où les ventricules et même les oreillettes paraissaient complètement immobiles. L'activité électrique persistait alors pendant 5 à 10 minutes, après l'arrêt complet de l'activité mécanique.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Hydrogénation de quelques huiles d'animaux marins*. Note de M. H. **Marcelet**, présentée par le Prince Albert de Monaco.

L'hydrogénation de quelques huiles d'animaux marins provenant des croisières de S. A. S. le Prince de Monaco et des collections du Musée Océanographique, nous a permis de faire quelques constatations présentant un certain intérêt pratique.

L'hydrogénation a été obtenue à la pression ordinaire, par simple barbotage, après purification, de l'hydrogène, dans 50^g d'huile à étudier, additionnée de 1^g de carbonate basique de nickel. Le tout chauffé pendant 8 heures à 250° dans un bain d'huile. Des prélèvements horaires, de 1^g à 2^g environ, effectués sans interrompre le courant gazeux, ont permis,

après filtration de la matière grasse, de suivre l'abaissement de son indice d'iode et l'élévation de son point de fusion dès qu'elle a commencé à se solidifier à la température du laboratoire (20°-25°). Au bout de 8 heures une huile est restée totalement liquide (huile de couronne) et une autre a laissé déposer de très petits cristaux, mais ne s'est pas solidifiée.

Huiles	*Centroscymnus cœlolepis.*		*Hexanchus griseus*		*Globicephalus melas.*		Morue.	
Acidité °/₀ en acide oléique	0,25.		0,31.		0,65.		5,86.	
Huile	Indice d'iode.	Point de fusion.	Indice d'iode.	Point de fusion.	Indice d'iode.	Point de fusion.	Indice d'iode.	Point de fusion.
avant traitement	206	liq.	91	liq.	13,5	liq.	178	liq.
après 1h d'hydrogénation	165	»	51,7	24,5	11,6	»	99,9	»
» 2 »	136	»	40,7	33,5	10,5	»	84,1	25,0
» 3 »	124	14,0	33,9	35,7	10,5	»	76,5	29,2
» 4 »	109	21,8	31,6	36,6	10,5	»	69,2	33,3
» 5 »	85,9	36,7	29,5	37,2	9,9	»	61,0	37,5
» 6 »	70,4	39,6	28,2	37,9	9,7	»	56,1	39,8
» 7 »	59,1	41,3	25,4	38,7	9,4	»	51,1	42,7
» 8 »	51,1	42,0	25,2	39,2	8,9	crist.	48,5	43,2

Huiles	Hareng.		Baleine.		Phoque.		Couronne.	
Acidité °/₀ en acide oléique	4,85.		1,69.		5,61.		5,66.	
Huile	Indice d'iode.	Point de fusion.	Indice d'iode.	Point de fusion.	Indice d'iode.	Point de fusion.	Indice d'iode.	Point de fusion.
avant traitement	137	liq.	161	liq.	149	liq.	135	liq.
après 1h d'hydrogénation	99,6	»	90,1	28,8	98,3	»	109	»
» 2 »	84,7	»	77,3	33,5	84,1	»	104	»
» 3 »	78,8	24,8	70,6	35,8	79,6	»	98,0	»
» 4 »	74,6	28,2	64,6	38,0	73,4	20,9	94,7	»
» 5 »	68,3	32,0	53,6	42,0	63,0	29,8	94,4	»
» 6 »	67,1	33,5	49,2	42,7	59,0	31,2	93,4	»
» 7 »	65,8	34,2	45,1	45,1	57,6	32,3	92,5	»
» 8 »	65,8	35,2	40,5	45,5	53,7	33,0	91,2	»

Toutes les huiles ont perdu leur odeur désagréable après la première heure d'hydrogénation; l'examen des résultats montre que l'indice d'iode s'abaisse rapidement pendant la première heure pour ralentir ensuite sa chute dans les heures suivantes; on constate, en outre, qu'il n'y a pas concordance entre l'indice d'iode et le point de fusion du corps gras.

Cependant si l'on calcule le pourcentage de l'abaissement de l'indice d'iode lorsque l'huile commence à se solidifier à la température du labora-

toire (20° à 25°), on constate, bien que les huiles soient d'origine et de composition si différentes, une certaine constance :

Huiles.	Abaissement pour 100.
Centroscymnus Cœlolepis	47
Hexanchus griseus	43
Morue	52
Baleine	44
Phoque	50
Couronne	42

Ces chiffres sont, en général, compris entre 40 et 50 pour 100, ce qui revient à dire que la solidification de l'huile s'est produite lorsque l'indice d'iode s'est abaissé de 40 à 50 pour 100.

Nous basant sur ces chiffres, nous avons calculé pour les huiles restées liquides quel serait l'indice d'iode lorsque l'huile se solidifierait à la température du laboratoire. Nous avons obtenu :

Huiles.	Abaissement pour 100.	Indice d'iode.
Couronne	40	81,0
»	50	67,5
Globicephalus melas	40	8,1
» »	50	6,5

Afin de vérifier ces chiffres, nous avons poursuivi l'hydrogénation de ces huiles, pendant 8 heures, en effectuant, d'heure en heure, des prélèvements pour suivre l'abaissement de l'indice d'iode et noter le point de fusion.

	Couronne.		*Globicephalus.*	
	Ind. iode.	Point de fus.	Ind. iode.	Point de fus.
Après la 9e heure	88,0	liq.	8,8	crist.
» 10e »	83,4	10,4	8,4	crist.
» 11e »	80,0	20,2	8,2	crist.
» 12e »	77,9	22,0	8,2	crist.
» 13e »	76,0	26,3	8,0	crist.
» 14e »	74,5	29,0	8,0	crist.
» 15e »	72,1	34,2	7,9	crist.
» 16e »	69,9	36,6	7,8	crist.

On constate que l'huile de Couronne s'est solidifiée lorsque l'indice d'iode n'était plus que de 80,0, chiffre voisin de celui indiqué par le calcul. Quant à l'huile de *Globicephalus*, nous n'avons obtenu, au bout de 16 heures, qu'une bouillie cristalline devenant limpide dès qu'on la chauffe à 25°,5.

L'indice d'iode était à ce moment de 7,8, chiffre compris dans les limites de notre calcul. La composition spéciale de cette huile d'un indice de saponification très élevé, 254, et d'un indice d'iode très faible, 13,5, montrait que la proportion d'acides non saturés était très faible par rapport aux acides saturés. Le point de fusion des acides totaux étant de 18°,1, il n'est pas étonnant qu'une solidification plus complète n'ait été obtenue.

Il serait prématuré de généraliser à tous les animaux marins la constatation que nous avons faite sur quelques huiles seulement, leur diversité d'origine semblerait cependant le permettre.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur des phénomènes d'auto-protection et d'auto-destruction chez des animaux aquatiques.* Note de Mme **A. Drzewina** et M. **Georges Bohn**, présentée par M. Henneguy.

En montrant (¹) que la résistance de divers animaux vis-à-vis des solutions toxiques est, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus grande que le nombre d'individus est plus élevé, voire que la masse du liquide est plus restreinte, nous avons de prime abord cherché à écarter l'objection qui consisterait à dire par exemple que les individus isolés succombent plus rapidement parce qu'ils reçoivent en partage une quantité relativement plus grande de substance toxique. Voici de nouvelles expériences à cet égard, et qui nous paraissent tout à fait décisives.

Soient deux petits vases, *a* et *b*; *a* contient: 1^{cm^3} d'eau + 1 goutte d'argent colloïdal + 1 goutte de culture d'Infusoires (Colpodes, ou Paramécies, ou Stylonichies); *b* contient : 10^{cm^3} d'eau + 1 goutte d'argent colloïdal + 1 goutte de culture d'Infusoires. On voit que, si la quantité absolue de la substance toxique est la même dans *a* et dans *b*, la dose est 10 fois plus forte dans *a*. Eh bien, malgré cela, *invariablement*, dans les centaines d'essais que nous avons faits, les Infusoires du vase *a* résistent mieux, comme si la masse restreinte du liquide leur conférait une sorte d'immunité. Immunité éphé-

---

(¹) *Variations de la sensibilité à l'eau douce des* Convoluta, *suivant les états physiologiques et le nombre des animaux en expérience* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1023). — *Variations de la susceptibilité aux agents nocifs avec le nombre des animaux traités* (*Ibid.*, t. 172, 1921, p. 485). — *La défense des animaux groupés vis-à-vis des agents nocifs* (*Ibid.*, p. 779). — *Action nocive de l'eau sur des Stentors, en fonction de la masse du liquide* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 84, 1921, p. 917.)

mère, d'ailleurs, car, aux doses indiquées, la résistance n'est jamais bien longue, et varie suivant les espèces et suivant la température (nous réservons nos tableaux d'expériences pour un Mémoire que nous avons en préparation). Mais, le fait sur lequel nous insistons ici est que, déjà au bout de 5 à 10 minutes, il y a un contraste frappant entre les individus des lots *a* et *b*; souvent, dans *b*, les Infusoires sont morts et en partie cytolysés, alors que dans *a* ils continuent à se déplacer et gardent pour la plupart leur apparence habituelle. Avec des Paramécies, par exemple, on peut avoir, dans *a*, même après 3 heures, des survivants, bien déformés il est vrai, alors que dans *b*, toutes sont depuis longtemps entièrement désagrégées.

Avec des *Stentor igneus*, nous avons fait les mêmes séries d'expériences, mais en employant des doses moins fortes, et nous avons observé le même contraste dans la susceptibilité vis-à-vis de la substance toxique, le nombre d'animaux étant partout le même, une cinquantaine par exemple.

Il ressort de ce qui précède, avec évidence nous semble-t-il, que pour le résultat final, le taux, voire la quantité absolue de la substance toxique employée, importe beaucoup moins que la masse du liquide environnant. Les expériences qui suivent sont encore très démonstratives à cet égard; elles portent sur une petite Hirudinée, la *Glossiphonia bioculata*, traitée par le cuivre colloïdal Clin (qui nous a été remis avec les caractéristiques suivantes : 0,20 de CuO pour 1000, grains de $15^{\mu\mu}$ à $20^{\mu\mu}$).

Soient deux vases, *a* et *b*; *a* contient 5^{cm^3} d'eau + 6 gouttes de cuivre colloïdal + 2 Glossiphonies; *b* contient : 50^{cm^3} d'eau + 6 gouttes de cuivre colloïdal + 2 Glossiphonies. L'effet immédiat paraît souvent plus prononcé dans *a*, ce qui n'est pas surprenant, la dose y étant dix fois plus forte. Mais, après une sorte de crise, les Sangsues ne tardent pas à s'y rétablir et, quelques heures après, elles réagissent bien dans ce lot, alors que dans le lot *b* elles sont inertes et manifestement beaucoup plus atteintes.

Nous citerons une preuve encore, indirecte celle-ci, de ce que la quantité, relative ou absolue, du corps toxique n'est pas le facteur décisif de la résistance (toutes choses égales d'ailleurs).

Depuis un certain temps, nous nous servons, dans nos expériences, de solutions de chlorure de potassium plus ou moins diluées. Nous avons déjà bon nombre de résultats concordant avec ceux fournis par les métaux colloïdaux. Cependant, en opérant sur la petite Planaire commune dans les eaux douces, *Polycelis nigra*, nous avons dès le premier essai, et constamment depuis, obtenu des résultats inverses de ceux observés jusque-là : les *Polycelis* résistent beaucoup mieux dans une grande masse de liquide.

Place-t-on deux *Polycelis* dans un verre de montre avec 2^{cm^3} de $KCl\frac{N}{30}$, et deux autres dans un grand cristallisoir avec 100^{cm^3} ou avec 200^{cm^3} de la même solution, ce sont ces dernières qui sont en vie souvent encore le lendemain, alors que celles du verre de montre succombent quelquefois après 3 ou 4 heures déjà (nous avons opéré en juin, à des températures assez élevées, 20° à 22°).

Bref, si chez diverses espèces que nous avons examinées jusqu'ici (Paramécies, Colpodes, Stylonychies, Stentors, Hydres, Convoluta, Glossiphonies, têtards de Grenouille) tout se passe comme s'il y avait émission rapide d'une substance ou de substances assurant une défense; chez *Polycelis*, c'est le contraire : on assiste, non pas à une *auto-protection*, mais à une *auto-destruction*. Nous avons montré, dans le cas de jeunes têtards de Grenouille, que lorsqu'on décante une solution où avaient séjourné de nombreux individus et qu'on la renforce par l'adjonction de substance toxique même au delà de la dose mortelle, des individus isolés neufs qu'on y introduit résistent. Au contraire, quand on place deux *Polycelis* neuves dans une solution où pendant 1 heure ou plus avaient déjà séjourné de ces Planaires, on ne fait que précipiter leur mort. Et d'autre part, quand, après 1 heure environ de séjour dans une solution toxique, on porte une *Polycelis* dans une solution neuve, la mort se trouve être retardée.

Si le cas de *Polycelis* n'était pas isolé — et encore n'est-ce peut-être qu'un phénomène saisonnier, lié aux troubles de métabolisme que ces animaux subissent en été — on voit l'intérêt, pour la Biologie générale, des faits d'auto-destruction que nous signalons opposés à ceux d'auto-protection. Nous continuons nos recherches sur ce sujet.

MICROBIOLOGIE. — *Activité de l'infection par voie aérienne.* Note de MM. **A. Trillat** et **R. Kaneko**, présentée par M. Roux.

Les expériences précédemment relatées sur les propriétés des nuages microbiens ont montré qu'il suffisait d'un contact excessivement court pour infecter les animaux. Au point de vue de l'étude du mécanisme des maladies transmissibles par l'air, il était intéressant de se rendre compte de l'activité de ce mode d'infection comparativement aux divers autres modes de pénétration de germes dans l'organisme. Dans ce but, nous avons cherché à déterminer quelle était la plus petite dose d'émulsion répandue sous forme de nuage capable de donner la mort aux animaux par inhalation. Comme germes, nous nous sommes adressés au paratyphique de

Danysz et au pneumocoque : comme animal, nous avons choisi la souris qui présente vis-à-vis d'eux une grande réceptivité.

Les chiffres obtenus ont été comparés aux doses mortelles nécessaires pour tuer la souris : 1° par inoculation; 2° par badigeonnage des muqueuses; 3° par instillation sur la conjonctive; 4° par ingestion; 5° par badigeonnage du corps.

Ces déterminations ont donné lieu à de nombreuses séries d'essais, nous nous bornons à donner ici, à titre d'exemple, le résumé de nos observations sur l'infection par le nuage de paratyphique.

Dans un récipient de 40^l, saturé d'humidité, on pulvérise en trois jets $0^g,150$ d'une émulsion microbienne provenant d'une culture de 24 heures de paratyphique dans le bouillon Martin et l'on plonge dans le nuage pendant des espaces de temps variant de 1 à 3 minutes les souris maintenues immobilisées.

D'après nos évaluations dont le détail serait trop long à expliquer ici, on est arrivé à calculer avec une approximation suffisante la quantité d'émulsion microbienne mortelle aspirée par les souris à l'état de nuage : elle a été dans tous les cas inférieure à 0,00005. Parallèlement aux essais précédents, on a cherché à infecter les souris par les autres voies de pénétration dans l'organisme en prenant toujours la dose précédente mortelle que nous désignerons par A, comme chiffre de comparaison. Voici les résultats obtenus par le traitement d'une centaine de souris réparties en lots de 4 à 6 :

			Dose A.
Injection sous-cutanée			10 fois
Imbibition des muqueuses buccales			50 »
»	»	rhinopharyngiennes	50 »
»	»	conjonctivales	200 »
Par badigeonnage			500 »
Par ingestion avec aliments			800 »

La comparaison de ces résultats montre que l'injection par la voie aérienne a été la plus active. Les doses mortelles sont sensiblement plus fortes dans le cas de l'injection sous-cutanée et considérablement plus élevées dans les cas du badigeonnage des muqueuses et surtout dans ceux de l'injection et du badigeonnage du corps.

Ces résultats sont à rapprocher des résultats obtenus précédemment *in vitro* et qui ont montré que les mêmes proportions infinitésimales de ferment lactique étaient capables, à l'état de nuage, d'ensemencer avec succès des terrains de cultures lactosés, tandis que ceux-ci restaient stériles avec des doses égales et même supérieures de ferment mélangées directe-

ment avec le bouillon lactosé. Dans ce cas, comme dans celui de l'inoculation, on peut supposer que les microbes subissent une agglutination qui diminue considérablement leur surface d'action.

La mise sous forme de nuage de l'émulsion a eu pour effet, comme dans l'exemple précédent, de libérer un nombre considérable de germes qui ont à leur tour ensemencé les innombrables gouttelettes d'eau renfermées naturellement dans l'air humide. Nous rappellerons que la preuve de cette multiplication dont le rôle est capital a été mise en évidence par la numération des germes restant en suspension dans des atmosphères secs ou humides après ensemencement par une pulvérisation dosée de *prodigiosus*.

L'autopsie des souris nous a démontré qu'après 15 minutes d'inhalation de poussières liquides microbiennes, celles-ci avaient pénétré abondamment jusqu'aux alvéoles pulmonaires.

Les essais précédents n'autorisent pas pour l'instant de généraliser nos conclusions à tous les microbes : l'état vésiculaire et par suite la facilité du transport dépendant de plusieurs facteurs comme celui du volume du microbe ou de la constitution de sa membrane externe qui le rendent plus ou moins apte à jouer le rôle de noyau de condensation et à couvrir de plus larges surfaces.

L'infection de l'organisme par les projections microbiennes qui peuvent se produire dans une foule de circonstances ne dépend pas tant du poids des gouttelettes microbiennes que de leur état de division sous les influences multiples qui ont déjà été étudiées. Toutefois, à la lumière de ces expériences, on peut être autorisé à établir un rapprochement avec le phénomène de la contagion des maladies transmissibles par l'air expiré, et à conclure que le contage se produit par l'ensemencement simultané des muqueuses buccales, rhinopharingiennes, conjonctivales et surtout par l'ensemencement des surfaces pulmonaires.

MÉDECINE. — *Sur l'action du réflexe orbiculo-costo-diaphragmatique sur les systèmes sympathique et parasympathique.* Note (¹) de M. **Henri Frossard**, transmise par M. d'Arsonval.

Le réflexe orbiculo-costo-diaphragmatique que j'ai décrit en 1913 (²) et qui fait la base de ma gymnastique respiratoire phonique ou Phonothérapie,

(¹) Séance du 4 juillet 1921.

(²) Frossard, *L'entraînement respiratoire basé sur l'Aérodynamique* (*Congrès international d'Éducation physique*).

est en réalité le résultat de la synergie du facial et des divers appareils nerveux *expirateurs* puisque je ne fais appel qu'à l'expiration forcée, mais dans un capsulisme infini à pression atmosphérique ([1]) en produisant un *son*, c'est-à-dire un travail qui détend l'air expiré, le refroidit, et donne le maximum de rendement thermodynamique pour le minimum de fatigue.

Mais du fait que l'expiration et l'inspiration habituelles dans la vie végétative sont sous la dépendance unique du sympathique, on peut en déduire déjà que toute inspiration ou expiration forcées mettront en jeu le système parasympathique et, par conséquent, créeront l'antagonisme révélateur du trouble de l'équilibre.

Or, chez tous les sujets dits nerveux observés par moi, et spécialement chez les dystrophiques, au bout de quelques expirations forcées sous l'influence de mon réflexe, apparaissent des sueurs, de la rougeur des téguments, de l'accélération du pouls, et quelquefois même des états vertigineux qui les obligent à s'asseoir.

On peut en conclure qu'il existe chez eux une hypersympathicotonie.

Si l'on gradue suffisamment les exercices, on arrive à détruire cette hypertonie et l'état général s'améliore parallèlement.

L'effet inverse existe aussi.

Si le patient présente de la bradycardie habituelle, de la sécheresse des téguments, c'est-à-dire de l'hypervagotonie, les exercices sont plus facilement supportés, accélèrent le pouls et amènent la sudation avec le même bien-être qui finit par persister.

Il semble qu'il y a là aussi une épreuve bien plus simple et tout à fait inoffensive de la susceptilité sympathique et vague, bien préférable, en tout cas, au réflexe oculo-cardiaque, puisqu'on a les deux effets possibles et qu'on ne court pas les mêmes risques.

En même temps, on dispose d'une méthode physiothérapique puissante qui tend à rééquilibrer les actions du sympathique et du parasympathique.

En quelques semaines, en général, l'effet est obtenu et peut persister même après cessation de l'entraînement.

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.

([1]) Frossard, *Sur la voix chuchotée et, en général, l'écoulement d'un fluide dans un capsulisme allant de zéro à l'infini* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 782).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 JUILLET 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

L'Académie des Sciences vient de faire une perte très douloureuse en la personne de M. **Gabriel Lippmann**, notre grand physicien français, décédé en mer, le 13 juillet 1921, en revenant du Canada où il faisait partie de la mission du maréchal Fayolle. En ouvrant cette séance nous devons un dernier hommage à notre confrère si regretté.

M. Lippmann était né le 16 août 1845 à Hollerich près Luxembourg, de parents français qui vinrent se fixer à Paris quand il n'avait encore que trois ans. Dans ses études, faites au lycée Henri IV, il se distingua aussi bien dans les Lettres que dans les Sciences, mais il donna ses préférences aux Sciences, et entra à l'École Normale supérieure en octobre 1868. Esprit très indépendant, il se pliait mal à la préparation des examens et échoua à l'agrégation. Il aurait pu dès lors être envoyé à la sortie de l'École dans un collège de province; quelle perte en serait résultée pour la Science! Grâce à Bertin, son maître en physique, il put rester à Paris, s'occuper d'études personnelles sur l'électricité et même obtenir trois missions en Allemagne, de 1872 à 1874; il s'arrêta longtemps à l'Université de Heidelberg où Kirchhoff le prit en amitié et il y commença même ses recherches sur l'électrocapillarité. Revenu à Paris, il y ajouta d'importants développements et soutint sa thèse de doctorat le 24 juillet 1875.

A la Sorbonne, il devint successivement maître de conférences en 1878, professeur de physique mathématique en 1883, professeur de physique générale en 1886.

Dès le 8 février 1886, il était élu membre de l'Académie des Sciences; il aura ainsi siégé trente-cinq ans parmi nous.

Aux titres universitaires de M. Lippmann, il faut ajouter ses fonctions de directeur du laboratoire de recherches physiques à la Sorbonne dont il fut chargé en 1886 et qui prit beaucoup de développement lors des nouvelles installations en 1894. Par lui et ses collaborateurs, ce laboratoire devint une école vivante qui provoqua toutes sortes de travaux originaux : il en est sorti environ quinze thèses de doctorat.

Esprit très curieux, très chercheur, sans cesse à la poursuite d'inventions nouvelles, véritable semeur d'idées, M. Lippmann a abordé l'étude d'une foule de questions : physique mathématique, physique expérimentale, astronomie physique, séismologie : questions souvent liées les unes aux autres.

Pour ne pas être trop long, je ne puis faire que rappeler ce qu'on peut appeler les deux chefs-d'œuvre de M. Lippmann : *l'Étude des phénomènes électrocapillaires* et *la Photographie des couleurs*.

Les recherches sur les relations entre les phénomènes capillaires et les phénomènes électriques constituent un travail de très longue haleine qui, avec ses annexes, a occupé M. Lippmann plusieurs années. Le point de départ en a été une vieille expérience : un globule de mercure immergé dans l'eau acidulée se contracte brusquement quand on le touche avec un fil de fer, comme se contracte un muscle par le tétanos : c'est l'électricité produite qui modifie la surface du mercure. En multipliant les expériences, M. Lippmann est arrivé à relier la constante capillaire de la formule de Laplace à la différence des tensions électriques. L'une des applications les plus curieuses de ces recherches est la construction de l'électromètre capillaire, appareil d'une sensibilité extraordinaire. On peut y rattacher la réalisation d'un moteur électrocapillaire. Ces travaux ont conduit pour les transformations réversibles au principe de la conservation de l'électricité correspondant au principe de Carnot pour la chaleur.

La Photographie des couleurs a été pour le grand public une découverte encore plus sensationnelle : c'est elle qui a fait décerner à M. Lippmann le prix Nobel en 1898. Cette admirable découverte, fruit de longues recherches, fut exposée par l'auteur à l'Académie des Sciences en 1891 dans une Note mémorable, aussi remarquable par son importance que par sa brièveté, car elle occupe à peine deux pages de nos *Comptes rendus*. On sait qu'elle repose sur le principe des interférences : un rayon lumineux incident vient frapper une surface de mercure qui forme miroir; elle ren-

voie un rayon réfléchi qui interfère avec le rayon qui frappe directement une couche photographique très sensible d'où l'on a exclu les émulsions grossières souvent en usage; on développe et l'on fixe comme d'ordinaire; on a ainsi une image stable reproduisant les couleurs de l'objet d'où émane la lumière.

La fin si inattendue de notre Confrère est une perte immense. Il ne vivait que pour les recherches scientifiques, recherches toujours complètement désintéressées : d'un caractère réservé, mais modeste et bienveillant, il n'avait partout que des amis.

Nous nous réunissons tous pour offrir à Madame Lippmann l'hommage de notre profonde sympathie.

M. Lippmann ayant été Président de l'Académie, je lève la séance publique en signe de deuil, bien que ses obsèques aient eu lieu ce matin.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les deux allylcamphocarbonates de méthyle droits, les trois propanol-2-camphocarbonolides et le camphopropanol-2 qui en dérivent.* Note de M. **A. Haller** et de Mme **Ramart-Lucas**.

Si l'on considère la structure de l'acide camphocarbonique, on constate que la molécule renfermé 3 atomes de carbone asymétriques marqués par un astérisque, à la condition toutefois d'attribuer à cette molécule la formule (I) d'un acide β-cétonique :

```
             C*H(3)                            C*H
CH2 ┌────────┼────────┐ C*H — CO2H    H2C ┌────────┼────────┐ C — CO2H
    │   CH3 C CH3     │ (2)               │   H3C C CH3     ║
CH2 └────────┼────────┘ CO            H2C └────────┼────────┘ COH
          (1) C*                                   C*
              |                                    |
             CH3                                  CH3
             (I).                                 (II).
```

Reconnaissons cependant que, malgré toutes les tentatives faites, il n'a pas encore été possible de dédoubler l'acide camphocarbonique. Il faut sans doute attribuer cet insuccès à ce que, dans ses sels, cet acide prend la forme énolique (II), forme qui ne comporte que 2 atomes de carbone asymétrique. Cette forme tautomère est d'ailleurs mise en évidence par le fait que l'acide camphocarbonique donne une coloration rouge avec les persels de fer.

Si l'on ne réussit pas à obtenir les deux acides camphocarboniques dérivés du camphre droit en ne considérant, bien entendu, que l'atome de carbone asymétrique $>CH - CO^2H$, on est parvenu à préparer deux éthers propylcamphocarboniques [1] et deux éthers méthylcamphocarboniques [2] stéréoisomères correspondant à la formule générale

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l} C\left\langle\begin{array}{l}R'\\ CO^2R\end{array}\right. \\ | \\ CO \end{array}\right.$$

qui est celle d'un dérivé β-cétonique. Ajoutons toutefois que s'il a été possible d'isoler à l'état cristallisé l'un des deux isomères respectifs dans chaque cas, l'autre reste liquide ou forme, dans des circonstances non encore bien déterminées, avec le solide correspondant, une sorte de faux racémique fondant à une température inférieure à celle du dérivé solide isomère. Nous nous réservons de revenir plus tard sur les deux méthyl- et les deux propyl-camphocarbonates de méthyle auxquels nous faisons allusion.

Allylcamphocarbonates de méthyle stéréoisomères

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l} C\left\langle\begin{array}{l}CH^2 - CH = CH^2\\ COOCH^3\end{array}\right. \\ | \\ CO \end{array}\right.$$

— En reprenant l'étude de l'allylcamphocarbonate de méthyle signalé d'abord par Bruhl [3] et sur lequel nous avons déjà fait une Communication [4] en 1903, nous avons constaté qu'ici encore, il se forme deux stéréoisomères : l'un parfaitement cristallisé et fondant à 75°-76° (Bruhl), tandis que l'autre reste liquide à la température ordinaire.

Comme nous le verrons dans la suite de ce travail, ce dernier n'est pas pur et contient toujours une certaine quantité de son stéréoisomère en dissolution, malgré les refroidissements réitérés auxquels on le soumet pour séparer l'isomère solide. L'analyse du liquide montre d'ailleurs qu'il s'agit bien d'allylcamphocarbonate de méthyle.

Voici les pouvoirs rotatoires observés sur les deux isomères en solution dans l'alcool absolu et dans le benzène :

---

(1) A. Haller, *Comptes rendus*, t. 136, 1903, p. 789.
(2) J. Minguin, *Comptes rendus*, t. 137, 1903, p. 1067.
(3) Bruhl, *Ber. deut. chem. Ges.*, t. 35, p. 3627.
(4) A. Haller, *Comptes rendus*, t. 136, 1903, p. 788.

	$[\alpha]_D$ dans l'alcool absolu.	$[\alpha]_D$ dans le benzène.
Éther solide fondant à 75°-76°	+ 55°.1′	+27°.36′
Éther liquide :		
1° Produit passant de 153° à 156° sous 10mm	+118.35	+95.24
2° Produit distillant de 184° à 186° sous 30mm	+115.10	

Les chiffres ci-dessus montrent : 1° que l'isomère solide a un pouvoir rotatoire spécifique moins élevé que le liquide, et que ce pouvoir rotatoire est moins faible en solution benzénique qu'en solution alcoolique; 2° que, suivant les préparations, l'isomère liquide contient plus ou moins du solide puisque son pouvoir rotatoire spécifique est variable.

Propanol-2-camphocarbonolides isomères

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l} C\left\langle\begin{array}{l} C - CH^2 - CHCH^3 \\ CO \text{———} O \end{array}\right. \\ CO \end{array}\right.$$

— Dans la Communication déjà citée (²), nous avons montré que l'allylcamphocarbonate de méthyle solide, traité par de l'acide sulfurique concentré, donnait naissance à une olide suivant l'équation

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l} C\left\langle\begin{array}{l} CH^2 - CH = CH^2 \\ CO^2CH^3 \end{array}\right. \\ CO \end{array}\right. + H^2O = C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l} C\left\langle\begin{array}{l} CH^2 - CH - CH^3 \\ CO - O \end{array}\right. \\ CO \end{array}\right. + CH^3OH$$

Ce composé, qui cristallise en très beaux cristaux fondant à 141°, est accompagné d'un isomère plus soluble dans le mélange éther plus éther de pétrole et que l'on trouve dans les liquides mères. On réussit à séparer ces deux corps, soit en triant les cristaux à la loupe, soit en faisant subir au mélange une série de cristallisations fractionnées.

Cette nouvelle olide formée aux dépens de l'éther solide, fondant à 75°-76°, se présente sous la forme de cristaux rectangulaires fondant à 89°-90°, solubles dans la plupart des dissolvants organiques et est un isomère de l'olide du point de fusion 141°. Ces cristaux sont moins durs que ceux fondant à 141° et sont aussi plus solubles.

Un troisième isomère prend naissance quand on chauffe 20g d'allylcamphocarbonate de méthyle liquide avec 50g d'acide sulfurique concentré, maintenant le mélange au bain pendant une heure et versant le liquide brun

foncé dans 500^{cm^3} d'eau distillée. Il se forme un précipité visqueux, brunâtre qui se solidifie peu à peu. On recueille sur filtre, on lave avec de l'eau pour enlever l'acide sulfurique restant et l'on traite par un peu du mélange éther plus éther de pétrole qui dissout une partie du produit et laisse à l'état insoluble la majeure partie de l'olide fondant à 141°. La présence de cette dernière atteste l'existence d'une certaine quantité d'allylcamphocarbonate de méthyle solide en dissolution dans son isomère liquide.

La solution éthérée provenant du lavage, soumise à l'évaporation spontanée, fournit un mélange d'aiguilles fondant à 117°-118° et de cristaux du point de fusion 141°. On peut séparer ces derniers, beaucoup plus brillants et plus durs, en les triant à la loupe et faisant recristalliser les aiguilles dans un nouveau mélange d'éther et d'éther de pétrole. On obtient finalement la nouvelle olide sous la forme de cristaux allongés, terminés par des biseaux plus ternes que ceux de l'isomère fondant à 141° et dont le point de fusion est nettement situé entre 117°-118°.

Cette olide est à l'allylcamphocarbonate de méthyle liquide ce que l'olide fondant à 141° est à l'allylcamphocarbonate de méthyle solide.

Pouvoirs rotatoires des propanol-2-camphocarbonolides dans l'alcool absolu.

	$[\alpha]_D$.
Isomère fondant à 141°	+126°50′
» à 89°-90°	+ 69.28
« à 117°-118°	+ 19

Camphopropanol-2 $C^8H^{14}\begin{cases}CH - CH^2 - CHOH - CH^3\\ CO\end{cases}$. — Il était intéressant de s'assurer si les olides que nous venons de décrire sont susceptibles de fournir d'autres dérivés, et si ces dérivés présentent, au point de vue du pouvoir rotatoire, les mêmes différences que les olides.

Nous avons mis en essai les deux olides fondant à 141° et 117°-118°, et n'avons pu, faute de matière suffisante, faire subir le même traitement à l'isomère fondant à 89°-90°.

Ces deux olides ont été chauffées avec une quantité équimoléculaire de potasse dans l'alcool absolu. Il se forme un précipité de carbonate de potasse, et quand ce précipité n'augmente plus on filtre le liquide, distille l'alcool et traite le résidu par de l'eau. Il se sépare une huile qu'on dissout dans l'éther. Après avoir séché la solution sur du sulfate de sodium anhydre, on élimine l'éther et l'on rectifie le résidu dans le vide. On obtient avec les deux olides le même camphopropanol bouillant à 162°-164° sous 14^{mm}. Ce

corps constitue une huile épaisse incristallisable et dont la formation peut se traduire par l'équation suivante :

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l} C\left\langle\begin{array}{l}CH^2-CH-CH^3\\ \quad\quad\quad\; | \\ CO-O\end{array}\right. \\ | \\ CO\end{array}\right. + 2KHO$$
$$= CO^3K^2 + C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH-CH^2-CHOH-CH^3\\ | \\ CO\end{array}\right.$$

L'alcool obtenu avec les deux olides F. 141° et 117°-118° a non seulement le même point d'ébullition, mais encore le même pouvoir rotatoire :

		$[\alpha]_D$.
Camphopropanol provenant de l'olide	F. 141°	+ 31°25′
	F. 117°-118°	+ 31° 6′

Traités par de l'isocyanate de phényle, ces deux alcools donnent en outre la même phényluréthane

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CO \quad\quad\quad\quad\quad\quad CONHC^6H^5\\ | \quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad | \\ CH-CH^2-CHO-CH^3\end{array}\right.$$

qui se présente sous la forme de fines aiguilles blanches fondant à 116°-117°. Leur mélange fond également à la même température.

Elles ont aussi, à peu près, le même pouvoir rotatoire :

		$[\alpha]_D$ dans l'alcool absolu.
Phényluréthane du camphopropanol dérivé de l'olide	F. 141°	45°4′
	F. 117°-118°	44°7′

Le peu d'uréthane que nous avions à notre disposition ne nous a pas permis de mesurer avec plus de précision le pouvoir rotatoire du second de ces composés.

Conclusions. — Ces recherches montrent : 1° que dans la préparation des alcoylcamphocarbonates de méthyle droits, il se forme bien deux stéréoisomères, mais non deux énanthimorphes. Dans le cas du dérivé allylé, chacune des deux olides, fondant respectivement à 141° et à 117°-118°, est caractéristique, la première de l'allylcamphocarbonate de méthyle solide, et la seconde de son stéréoisomère liquide; 2° la formation de l'olide fondant à 80°-90° et dépendant de l'allylcamphocarbonate solide est conditionnée soit par le nouvel atome de carbonique asymétrique qui apparaît dans la

chaîne latérale

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l} \overset{\displaystyle C}{|} \left\langle\begin{array}{l} CH^2-\overset{*}{C}H-CH^3 \\ CO\;-\;\overset{|}{O} \end{array}\right. \\ CO \end{array}\right.$$

et qui est indépendant des trois autres atomes de carbone asymétriques de la formule (I), soit par l'atome (3) de la molécule alcoylcamphocarbonique; 3° la formation du même camphopropanol aux dépens des deux olides 141° et 117°-118° prouve la mobilité du groupement carboxyle dans ces deux derniers composés.

Nous nous proposons de continuer l'étude de ces stéréoisomères.

CYTOLOGIE. — *La structure de la cellule végétale dans ses rapports avec la théorie du chondriome*. Note de M. **P.-A. Dangeard**.

La théorie du chondriome repose sur la découverte faite par Benda, de 1897 à 1902, grâce à une méthode spéciale, de certains éléments de la cellule animale qui se colorent électivement : il a désigné ces éléments sous le nom de *mitochondries*, mot qui a fait fortune. En réalité, ces mitochondries correspondaient pour une bonne part aux granules d'Altmann qui avaient donné lieu dès 1886 à la fameuse théorie des bioblastes.

Ces mitochondries, avec les formes qui s'y rattachent sous le nom de chondriocontes et de chondriomites, ont été décrites chez les animaux dans un nombre très considérable de travaux; on les a caractérisées un peu partout dans tous les groupes et dans les tissus les plus différents. Il n'est pas de fonction ou de rôle dans la cellule animale qui ne leur ait été dévolu : phénomènes d'hérédité, rôle cinétique, fonction élaboratrice ou sécrétrice, transformation en fibrilles musculaires, fibrilles conjonctives, fibrilles nerveuses, fibrilles épidermiques.

Dans la théorie du chondriome, la mitochondrie se voit ainsi attribuer, au sein de la cellule animale, les fonctions les plus variées et les plus imprévues : son rôle est tellement vaste, tellement complexe qu'il surprend et déconcerte.

Un mouvement parallèle se produisait dans le même temps en ce qui concerne la cellule végétale : celle-ci se peuplait à son tour de mitochondries; tout élément qui se colorait électivement par l'une quelconque des « méthodes mitochondriales » se trouvait rangé immédiatement dans la catégorie des mitochondries : les plastes eux-mêmes, si bien caractérisés dans leur struc-

ture et leur développement par Schimper dès 1880, ces plastes vont devenir de simples mitochondries : on va les confondre et les réunir avec des éléments qui n'ont pas le moindre lien de parenté avec eux et possèdent une nature très différente.

La crise du chondriome, en ce qui concerne la cellule végétale, a eu son maximum d'intensité vers 1918, époque à laquelle un de nos chondriomistes en vue prétendait avoir ressuscité la théorie d'Altmann et admettait que le cytoplasme est une substance homogène renfermant des organites spéciaux, les mitochondries qui serviraient de base à la plupart des produits d'élaboration de la cellule : il y avait là une erreur.

Déjà cependant mes recherches antérieures avaient ouvert de larges brèches dans cette théorie : les faits nouveaux que j'avais découverts étaient de nature à modifier complètement ces idées en ce qui concerne la structure de la cellule végétale et son métabolisme ; en voici quelques-uns :

1° La cellule végétale renferme un système vacuolaire qui, sur le vivant, se colore par les colorants vitaux, à l'exclusion des autres éléments cellulaires : lorsque ceux-ci, à leur tour, prennent le colorant, la cellule est en voie de désorganisation.

2° Le système vacuolaire ne renferme pas, comme on le supposait, une simple dissolution aqueuse de substances diverses : il contient toujours une solution colloïdale plus ou moins épaisse d'une substance ayant certaines propriétés générales et qu'on peut désigner sous le nom de métachromatine.

3° Les colorants vitaux et certains réactifs employés en histologie comme fixateurs précipitent cette substance en corpuscules plus ou moins gros et plus ou moins nombreux qui sont les corpuscules métachromatiques : du fait que ces corpuscules se colorent par quelques-unes des méthodes dites *mitochondriales*, il en résulte que ces éléments avaient été considérés avant nous, soit comme des mitochondries, soit comme des produits de mitochondries.

4° Les formes jeunes du système vacuolaire que j'ai désignées plus tard sous le nom de métachromes avaient été prises pour des plastes : en établissant leur véritable nature, j'ai montré par là même que la formation de l'anthocyane et des tannins est toujours due au système vacuolaire.

5° Toute l'évolution du système vacuolaire qui était à peu près complètement inconnue a été indiquée, suivie pas à pas et nettement caractérisée.

6° En dehors de ce système vacuolaire et des plastes, il existe, d'une façon générale, dans la cellule des sphérules réfringentes auxquelles j'ai proposé de limiter l'ancien nom de microsomes.

Tous ces faits étaient déjà nettement établis lorsque j'ai publié en mars 1918 une Note les résumant et les complétant sur certains points et qui était intitulée : *Sur la nature du chondriome et son rôle dans la cellule*.

Dans cette première période de mes recherches, constatant que les auteurs qui m'avaient précédé avaient confondu sous ce nom de chondriome, d'une part, les plastes, et, d'autre part, les éléments jeunes du système vacuolaire, je m'étais efforcé d'établir une séparation nette entre les deux formations : pour l'ensemble des plastes, je proposais le nom de *plastidome*, alors que je conservais le nom de chondriome et de mitochondrie aux éléments jeunes du système vacuolaire (¹).

Cette distinction aurait suffi si l'erreur des histologistes n'avait porté que sur la confusion entre plastes, métachromes et corpuscules métachromatiques; mais elle s'était étendue jusqu'aux microsomes eux-mêmes : un nouveau pas en avant devenait nécessaire.

C'est alors qu'en décembre 1919, je montrais que la cellule végétale renferme dans son cytoplasme trois systèmes d'éléments figurés (²) :

1° Le *vacuome*, formé par les métachromes et les vacuoles ordinaires : ce système donne naissance aux corpuscules métachromatiques, à l'anthocyane et aux tannins;

2° Le *plastidome*, constitué par l'ensemble des plastes : mitoplastes, amyloplastes, chloroplastes, etc., dont la fonction est de produire les pigments chlorophylliens et l'amidon;

3° Le *sphérome*, comprenant de nombreux globules d'aspect réfringent : ce sont les microsomes qui, au moins dans certains cas, paraissent en relation avec la production de substances oléagineuses.

On peut dire qu'à ce moment la question de la structure générale de la cellule végétale et de son métabolisme, était établie dans ses grandes lignes d'une façon définitive : à une confusion due à la théorie du chondriome, succédait une classification simple et exacte des divers éléments contenus dans le cytoplasme avec l'indication de leur rôle (³).

Cette classification est applicable à tous les groupes du règne végétal : je l'ai montré en prenant d'abord comme exemple l'orge; puis, j'ai décrit, en

(¹) P.-A. DANGEARD, *Sur la nature du chondriome et son rôle dans la cellule* (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 439).

(²) P.-A. DANGEARD, *Sur la distinction du chondriome des auteurs en vacuome, plastidome et sphérome* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1005).

(³) P.-A. DANGEARD, *La structure de la cellule végétale et son métabolisme* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 709).

détail, cette même structure dans la *Selaginella Kraussiana* (¹) et plus récemment chez l'*Asparagus verticillatus* (²). Les nombreuses observations inédites que je possède sur les Algues, les Champignons, les Hépatiques, les Mousses, les Characées, sans compter de nombreuses espèces de Phanérogames, me permettent actuellement d'affirmer que l'existence du *vacuome*, du *plastidome* et du *sphérome* est absolument générale chez les végétaux.

Le sphérome comprend des éléments auxquels j'ai proposé de limiter l'ancien nom de microsomes : ces microsomes, ainsi que je l'ai décrit, possèdent un *substratum protéique : ils se colorent par la méthode de Regaud* et également *par l'hématoxyline ferrique après fixation au réactif de Laguesse*. Il est inconcevable qu'après les descriptions que j'en ai données à diverses reprises, on veuille en faire de simples granulations banales (³).

En réalité, ces microsomes, ainsi que je l'ai déjà suggéré, correspondent à la « seconde variété de mitochondries » que des chondriomistes impénitents continuent de ranger avec les plastes, dans le chondriome, malgré l'évidence apportée par mes recherches sur les Sélaginelles; on peut les assimiler également aux chondriosomes de Sapehin, de Sherrer et de Mottier qui ont établi, de leur côté, la distinction qui existe entre ces éléments et les plastes.

La théorie du chondriome qui n'a plus aucune raison d'être, en ce qui concerne la cellule végétale, disparaîtra également en zoologie, lorsqu'on aura pu faire, dans la cellule animale, le même travail d'analyse qui permettra de délimiter et de caractériser les éléments ayant une origine différente et des rôles distincts.

NOMINATIONS.

M. B. Baillaud est désigné pour représenter l'Académie à la pose de la première pierre de la *Bibliothèque nouvelle de l'Université de Louvain*.

(¹) P.-A. Dangeard, *Plastidome, vacuome et sphérome dans* Selaginella Kraussiana (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 301).

(²) P.-A. Dangeard, *Vacuome, plastidome et sphérome dans l'*Asparagus verticillatus (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 69).

(³) Guilliermond, *Sur les microsomes et les formations lipoïdes de la cellule végétale* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1676).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Auguste Lumière. *Rôle des colloïdes chez les êtres vivants. Essai de biocolloïdologie.*

2° *Studies on marine Ostracods*, Part I, by Tage Skogsberg.

3° *Pressions dans les eaux courantes et force de suspension*, par B. Angheloff.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les caractéristiques de certains systèmes aux dérivées partielles comprenant autant d'équations que de fonctions inconnues.* Note de M. **Maurice Janet.**

1. Nous avons signalé, dans une Note précédente [1], l'intérêt qui s'attache aux systèmes de la forme

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{l} \mathrm{E}(u, v, w) \equiv \mathrm{R}(v) - \mathrm{Q}(w) + a\,u + b\,v + c\,w = f, \\ \mathrm{F}(u, v, w) \equiv \mathrm{P}(w) - \mathrm{R}(u) + a'u + b'v + c'w = f', \\ \mathrm{G}(u, v, w) \equiv \mathrm{Q}(u) - \mathrm{P}(v) + a''u + b''v + c''w = f'' \end{array}\right.$$

[P, Q, R sont trois expressions différentielles linéaires ne renfermant que des termes du premier ordre, dont aucune n'est combinaison linéaire des autres; a, b, ..., f'' sont des fonctions connues des variables indépendantes x_1, x_2, ..., x_n; enfin, il n'existe aucun système d'expressions différentielles linéaires (non toutes identiquement nulles) D, D', D'' telles que l'on ait

$$\mathrm{D}(\mathrm{E}) + \mathrm{D}'(\mathrm{F}) + \mathrm{D}''(\mathrm{G}) = 0$$

pour tout choix possible des fonctions u, v, w].

Nous nous proposons d'indiquer ici comment on peut déterminer, par des données de forme *invariante*, une solution quelconque de ce système, ce qui nous conduira naturellement à la définition de ses multiplicités *caractéristiques*.

Remarquons tout d'abord que l'expression $\mathrm{P(E)} + \mathrm{Q(F)} + \mathrm{R(G)}$ ne

[1] *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 1637.

contient aucun terme du second ordre en u, v, w; elle s'écrit

$$(2)\qquad P(E)+Q(F)+R(G)\equiv A(u)+B(v)+C(w)+\alpha u+\beta v+\gamma w,$$

où A, B, C désignent certaines expressions différentielles linéaires ne contenant, comme P, Q, R, que des termes du premier ordre.

Désignons par $\overline{P}$, $\overline{Q}$, $\overline{R}$, $\overline{A}$, $\overline{B}$, $\overline{C}$ les expressions obtenues en remplaçant dans P, Q, R, A, B, C les symboles $\frac{\partial}{\partial x_i}$ par des indéterminées P_i et formons l'expression

$$\overline{A}.\overline{P}+\overline{B}.\overline{Q}+\overline{C}.\overline{R}\equiv M(P_1, P_2, \ldots, P_n; x_1, x_2, \ldots, x_n).$$

L'étude du système (1) comprend deux cas bien distincts, suivant que M est ou non identique à zéro.

2. Supposons que M ne soit pas identiquement nul. Posons $P_i=\frac{\partial\varphi}{\partial x_i}$. L'équation $M=0$ est une équation aux dérivées partielles du premier ordre qui définit certaines multiplicités exceptionnelles $\varphi=0$. Considérons une multiplicité $\varphi=0$ qui *ne soit pas intégrale* de l'équation $M=0$, et plaçons-nous au voisinage d'un point de cette multiplicité où l'expression M ne soit pas nulle. Donnons-nous au voisinage de ce point des valeurs (holomorphes) pour u, v, w *sur la surface* $\varphi=0$, en assujettissant seulement ces valeurs à vérifier la relation

$$(3)\qquad \overline{P}.E+\overline{Q}.F+\overline{R}.G=\overline{P}f+\overline{Q}f'+\overline{R}f''$$

(il est aisé de vérifier que cette relation lie bien les valeurs de u, v, w et de leurs *dérivées sur la surface* $\varphi=0$).

Le système (1) *a une solution* (*holomorphe*) *et une seule se réduisant sur* $\varphi=0$ *au système de valeurs données.* [La solution dépend donc de *deux* fonctions arbitraires de $n-1$ variables (1).]

Si la surface $\varphi=0$ satisfait à l'équation $M=0$, u, v, w doivent satisfaire sur cette surface non seulement à la relation (2), mais encore à une deuxième relation qu'il est aisé de former. $M=0$ est l'équation des *surfaces caractéristiques* (au sens de Beudon et de M. Hadamard).

3. Supposons maintenant que M soit identiquement nul. Le système (1) *peut alors se ramener par un changement de variables indépendantes à une forme très simple que notre étude générale conduit nécessairement à mettre en*

(1) Comme plus bas, nous sous-entendons les mots « et peut-être d'arbitraires de genre inférieur » (voir la Note précédente).

évidence :

$$(1)' \quad \begin{cases} E \equiv \dfrac{\partial v}{\partial z} - \dfrac{\partial w}{\partial y} + rv - qw = f, \\ F \equiv \dfrac{\partial w}{\partial x} - \dfrac{\partial u}{\partial z} + pw - ru = f', \\ G \equiv \dfrac{\partial u}{\partial y} - \dfrac{\partial v}{\partial x} + qu - pv = f'', \end{cases}$$

où p, q, r ne sont pas les dérivées d'une même fonction par rapport à x, y, z. (Les variables autres que x, y, z figurent seulement à titre de paramètres; nous en ferons abstraction.)

Le système (1)' possède des *courbes caractéristiques* (au sens de la théorie des équations du premier ordre); ces courbes sont définies par les équations

$$(4) \quad \frac{dx}{\dfrac{\partial q}{\partial z} - \dfrac{\partial r}{\partial y}} = \frac{dy}{\dfrac{\partial r}{\partial x} - \dfrac{\partial p}{\partial z}} = \frac{dz}{\dfrac{\partial p}{\partial y} - \dfrac{\partial q}{\partial x}}.$$

Si deux solutions coïncident en un point d'une courbe (4) elles coïncident tout le long de cette courbe.

Soit une surface $\varphi = 0$ qui ne soit pas engendrée par des courbes (4); plaçons-nous au voisinage d'un de ses points tel que la courbe (4) qui y passe ne soit pas tangente à la surface $\varphi = 0$. Donnons-nous au voisinage de ce point des valeurs (holomorphes) pour u, v, w sur la surface $\varphi = 0$, en assujettissant seulement ces valeurs à vérifier les deux relations

$$(3)' \quad \frac{\partial \varphi}{\partial x} E + \frac{\partial \varphi}{\partial y} F + \frac{\partial \varphi}{\partial z} G = \frac{\partial \varphi}{\partial x} f + \frac{\partial \varphi}{\partial y} f' + \frac{\partial \varphi}{\partial z} f'',$$

$$(5) \quad \left(\frac{\partial q}{\partial z} - \frac{\partial r}{\partial y}\right) u + \left(\frac{\partial r}{\partial x} - \frac{\partial p}{\partial z}\right) v + \left(\frac{\partial p}{\partial y} - \frac{\partial q}{\partial x}\right) w = \frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f'}{\partial y} + \frac{\partial f''}{\partial z} + pf + qf' + rf''.$$

Le système (1)' *a une solution (holomorphe) et une seule se réduisant sur* $\varphi = 0$ *à ce système de valeurs*. [La solution dépend de une fonction arbitraire de $n - 1$ variables [1].]

---

[1] Voir Note précédente. Le degré de généralité s'aperçoit d'ailleurs aussi de la manière suivante : Soient s une solution quelconque de l'équation

$$\left(\frac{\partial q}{\partial z} - \frac{\partial r}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial s}{\partial x} + ps\right) + \left(\frac{\partial r}{\partial x} - \frac{\partial p}{\partial z}\right)\left(\frac{\partial s}{\partial y} + qs\right) + \left(\frac{\partial p}{\partial y} - \frac{\partial q}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial s}{\partial z} + rs\right) = 0,$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un mode d'intégration progressif et les caractères d'intégrabilité correspondants.* Note (¹) de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Émile Borel.

La présente Note se rattache à celles que j'ai soumises à l'Académie aux dates des 14 mars, 4 avril, 11 avril et 17 mai derniers; sa place logique est à la suite de la troisième. Je poursuis dans la Communication actuelle l'étude, commencée dans ma Note du 11 avril, des caractères d'une fonction intégrable ($T_{2.s}$).

Quatrième caractère. — *Supposons résolu le problème contigu pour un ensemble parfait* P, *dont tout point appartient à une infinité de segments spéciaux* σ de P.

Nous dirons que le *problème contigu* pour un ensemble fermé E est résolu, si nous connaissons $T_{2.s}(f, a, b, c)$ sur tout segment contigu à E.

Soient a et b deux points distincts d'un même segment u contigu à P, x un point d'un autre contigu v. Parmi les σ (en infinité dénombrable) négligeons-en un nombre fini, les segments σ', comprenant tous les σ de rang inférieur à p. Entre les segments restants σ'', soient σ_3 les segments deux à deux distincts tels que tout σ'' soit identique à un σ_3 ou inclus dans un σ_3. Si p est assez grand, les intervalles u et v sont extérieurs aux σ_3.

Pour chacun des σ_3 (ici, en nombre fini), *assimilons la succession des valeurs de* $\mathfrak{F}$ *aux quatre points* $\alpha_3 - \sigma_3$, α_3, β_3, $\beta_3 + \sigma_3$ (σ_3 est $\alpha_3\beta_3$) *à une progression arithmétique* $T(\alpha_3 - \sigma_3, \alpha_3, \beta_3)$ *et* $T(\alpha_3, \beta_3, \beta_3 + \sigma_3)$ *s'annulent*. Si donc nous appliquons la formule (2) (voir Note du 11 avril) à la suite x_i dont les deux premiers éléments sont a et b, dont le dernier est x, et dont les autres sont, dans leur ordre géométrique, les nombres $\alpha_3 - \sigma_3$, α_3, β_3, $\beta_3 + \sigma_3$ relatifs aux σ_3 compris entre u et v, *cette formule* (2) *se réduit à des termes tous connus*. Elle nous donne une expression approchée $S(\sigma')$ de $T(a, b, x)$.

---

t une fonction dont les dérivées sont proportionnelles à

$$\frac{\partial s}{\partial x} + ps; \quad \frac{\partial s}{\partial y} + qs; \quad \frac{\partial s}{\partial z} + rs.$$

La solution générale du système (1)′ supposé sans seconds membres est

$$u = s\frac{\partial t}{\partial x}, \qquad v = s\frac{\partial t}{\partial y}, \qquad w = s\frac{\partial t}{\partial z}.$$

(¹) Séance du 11 juillet 1921.

Cette application de la formule (2) est la *première partie* de la *cinquième opération*, relativement à a, b, x et aux σ' négligés.

En vertu du troisième caractère des fonctions résolubles $(2, s)$, nous avons ce quatrième caractère des fonctions intégrables $(T_{2.s})$: OU BIEN, *quels que soient les segments u et v, l'expression* $S(\sigma')$ *doit tendre vers une limite unique* [le calcul de cette limite sera la *seconde partie* de la *cinquième opération*].

La valeur de cette limite sera par définition $T_{2.s}(f, a, b, x)$, *qui, par application ultérieure de la deuxième opération, donne entre les extrémités de* P, $T(a, b, c)$, *résoluble* $(2, s)$ *en c sur* P;

OU BIEN *il existe sur* P *un ensemble fermé* K NON DENSE *sur* P, *tel que la condition précédente soit satisfaite, quels que soient u et v compris dans un même contigu de* K.

PREMIER CARACTÈRE (forme générale). — Soit P un ensemble parfait tel que les deux ensembles Ω et Ω', formés respectivement des points de P appartenant à un nombre limité et à une infinité de segments σ spéciaux de P, soient *l'un et l'autre partout denses* sur P. Supposons résolu le problème contigu pour P.

Comme plus haut, considérons les σ', les σ_3, puis égalons à zéro tous les $T(\alpha_3 - \sigma_3, \alpha_3, \beta_3)$ et $T(\alpha_3, \beta_3, \beta_3 + \sigma_3)$. Les points de P étrangers aux σ_3 forment un ensemble fermé $E(\sigma')$ de noyau parfait $P(\sigma')$. Soit $Q(\sigma')$ l'ensemble des points non intérieurs aux σ_3. $Q(\sigma')$ contient $E(\sigma')$ et divers segments.

Par la première partie de la cinquième opération, nous avons une expression approchée $S(\sigma', \alpha, \beta, x)$ de T sur chaque partie commune à $Q(\sigma')$ et à un même intervalle contigu $v(\sigma')$ de $E(\sigma')$. Alors :

OU BIEN : 1° α_n, β_n *étant les extrémités de* $v_n(\sigma')$, $\frac{1}{\beta_n - \alpha_n} S(\sigma', \alpha_n, \beta_n, x)$ *a des dérivées par rapport à x aux points* α_n *et* β_n, *et la différence* $w_n(\sigma')$ *et la demi-somme* $r_n(\sigma')$ *des valeurs de ces dérivées se prêtent aux calculs de la quatrième opération* [la fonction égale à φ sur $P(\sigma')$ et à $\frac{w_n(\sigma')}{v_n(\sigma')}$ sur $v_n(\sigma')$, et la fonction nulle sur $P(\sigma')$ et égale à $r_n(\sigma')$ sur $v_n(\sigma')$ sont totalisables];

2° *Quand p croît, a, b, c restant fixes sur* Ω, $S(\sigma', a, b, c)$ *tend, indépendamment du choix des* σ', *vers une limite résoluble* $(2, s)$ *en c sur* P, *et qui est par définition* $T_{2.s}(f, a, b, c)$;

OU BIEN *il existe sur* P *un ensemble fermé* Q, NON DENSE *sur* P, *indépendant des* σ' *choisis, et tel que la double condition précédente est vérifiée sur toute portion de* P *sans points communs avec* Q.

Le calcul précédent, consistant en une première partie de cinquième

opération, une seconde, une quatrième opération, puis un passage à la limite, sera la *sixième opération*.

Soit enfin P un ensemble parfait quelconque dont le problème contigu est résolu, mais ne vérifiant aucun des trois cas examinés (1° Ω identique à P, 2° Ω' identique à P, 3° Ω et Ω' partout denses sur P). Il existe alors sur P (propriété générale d'une décomposition de P en deux ensembles Ω et Ω') un ensemble fermé J, non dense sur P, telle que toute portion de P sans points communs avec J réalise l'un de ces trois cas.

Dans chaque contigu à J, on appliquera la 4e, la 5e ou la 6e opération. On peut les effectuer simultanément en considérant un même couple de famille σ', σ_3 de P. Si f présente les quatre caractères, on se trouvera résoudre le problème contigu pour un certain ensemble fermé L non dense sur P et contenant J.

Processus d'intégration. — Supposons que f présente les quatre caractères énoncés. Je dis que les six opérations décrites, effectuées dans un ordre convenable, une infinité dénombrable de fois, nous donnent $T_{2.s}(f, a, b, c)$ quels que soient a, b, c dans l'intervalle de définition de f.

Nous avons défini E_1, P_1, et résolu le problème contigu pour P_1. Supposons définis $E_{\alpha'}$, $P_{\alpha'}$ pour toutes les valeurs de α' inférieures à un nombre ordinal α, et résolu par une infinité dénombrable d'opérations-types le problème contigu de $P_{\alpha'}$. Nous allons définir E_α, P_α et résoudre le problème contigu de P_α, avec la même condition.

P_α est toujours le noyau parfait de E_α. Si α est de première espèce, E_α est l'ensemble déduit de $P_{\alpha-1}$ comme respectivement H, K, Q ou L sont déduits de P (selon que $P_{\alpha-1}$ n'a qu'un nombre limité de segments spéciaux $\sigma_{\alpha-1}$, ou que tout point de P appartient à une infinité de $\sigma_{\alpha-1}$, ou que cette dernière circonstance et la circonstance opposée se rencontrent l'une et l'autre en des points partout denses sur $P_{\alpha-1}$, ou qu'aucun des trois cas précédents n'est vérifié). E_α est fermé, inclus dans $P_{\alpha-1}$ et non dense sur lui.

Dans chaque intervalle contigu de E_α, la 4e, la 5e ou la 6e opération donnent l'intégration cherchée : la seconde opération résout ensuite le problème contigu de E_α. Les 3e et 2e opérations appliquées une infinité dénombrable de fois résolvent celui de P_α.

Si α est de seconde espèce, E_α est l'ensemble commun à tous les $P_{\alpha'}$. La seconde opération appliquée au plus une fois à chaque contigu de E_α résout le problème contigu pour E_α. On achève comme ci-dessus pour P_α.

E_α étant fermé et non dense sur $E_{\alpha'}$, les E_α sont tous nuls à partir d'un certain rang β (de seconde espèce). La solution du problème contigu pour E_β nous donne $T_{2.s}(f, a, b, c)$ quels que soient a, b et c.

CHRONOMÉTRIE. — *Généralisation de l'acheminement. Possibilités de nouveaux types de machines horaires.* Note [1] de M. **Jules Andrade.**

I. On rencontre parfois, et j'en ai indiqué des exemples, des mouvements pendulaires pour lesquels la pression N, génératrice d'un frottement ψN, varie avec l'écart x au point mort suivant la loi

$$N = N_0 + bx. \tag{1}$$

Soient alors : μ, le coefficient du moment pendulaire de rappel; T, le produit ψb; A, le moment d'inertie du balancier; les oscillations simples à vitesses respectivement positives ou négatives auront pour équations respectives

$$A\frac{d^2x}{dt^2} = -(\mu + T)x - \psi N_0$$

et

$$A\frac{d^2x}{dt^2} = -(\mu - T)x + \psi N_0.$$

Les décalages de leur point mort auront pour valeurs respectives

$$f = \frac{\psi N_0}{\mu + T}, \qquad f' = \frac{\psi N_0}{\mu - T};$$

si les oscillations du premier genre, entretenues par un échappement à coup perdu distribuant son choc instantané, ont pour rangs : 1, 3, 5, et pour semi-amplitudes initiales : u_0, u_2, u_4, ...; celles-ci, eu égard aux notations de ma dernière Note, se succèdent suivant la loi de récurrence du type

$$[(u_2 + f + 2f')^2 - \varphi^2]^{\frac{p}{2}} - [(u_0 - f)^2 - \varphi^2]^{\frac{p}{2}} = \mathcal{K} = \text{const.} \tag{2}$$

définissant la fonction $u_2 = G(u_0)$.

Pour une amplitude de régime 2α, le critérium de convergence assurée de l'acheminement sera ici

$$G'(\alpha) \equiv \left(\frac{\alpha - f}{\alpha + f + 2f'}\right)^{p-1} \left[\frac{1 - \frac{\varphi^2}{(\alpha - f)^2}}{1 - \frac{\varphi^2}{(\alpha + f + 2f')^2}}\right]^{\beta} < 1, \tag{3}$$

la sécurité de convergence sera évidemment assurée avec les mêmes valeurs de p que celles déjà rencontrées : $p > 1$.

---

[1] Séance du 11 juillet 1921.

II. $\varphi = 0$ assure avec l'acheminement un isochronisme complet pour $p > 1$ et la durée de deux oscillations simples consécutives sera

$$\pi\left[\sqrt{\frac{A}{\mu+T}}+\sqrt{\frac{A}{\mu-T}}\right];$$

elle est constante avec μ, ψ et b.

Si l'on veut, encore ici, photographier les oscillations non entretenues, on aura d'ailleurs

$$u_{2n} - u_0 = -2n(f+f');$$

$f+f'$ peut donc être expérimentalement déterminé. D'ailleurs on a

$$\frac{f'}{f} = \frac{1+\frac{T}{\mu}}{1-\frac{T}{\mu}}.$$

III. Pourrait-on réaliser la circonstance $N_0 = 0$ avec la condition $b = 0$? Oui, avec huit spiraux associés actionnant un balancier à flotteur et avec un échappement électromagnétique à deux électro-aimants qui réduit le choc d'échappement à un couple d'impulsion; mais alors le type du système oscillant change, il n'y a plus de résistance de roulement ou de glissement pour lesquelles une pression d'appui est nécessaire, mais alors va apparaître une résistance de viscosité relative entre le flotteur du balancier et le liquide porteur du flotteur.

Rien ne prouve *a priori* qu'un système mixte (c'est-à-dire un flotteur pour réduire seulement la pression d'appui) ne serait pas préférable; mais dans cette courte Note je me borne à poser, au moins à température constante, ce nouveau problème de mécanique et de chronométrie.

IV. Le cas mixte $N_0 = 0$, mais $b \neq 0$, est réalisé avec deux spiraux Le Roy convenables, avec un flotteur et avec l'échappement couplé si la viscosité du flotteur est négligeable, les résistances de glissement au pivot et de roulement deviennent assez faibles pour que les effets dus à la vieillesse des huiles soient à la fois reculés et réduits, surtout si la force transverse complémentaire sur la virole est seule en cause, car si l'on peut réussir à faire prédominer un peu l'appui sur le flotteur et n'avoir que des résistances de roulement sur les appuis latéraux, on pourrait renoncer à l'huile pour adoucir les contacts directs sur le balancier, les seuls qui soient à redouter directement par la vieillesse des huiles.

L'expérience seule décidera.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Résistance des matériaux.* Note (¹) de M. **Léon de Karasinski.**

1° *Équilibre élastique ambigu.* — Un solide, sollicité par un système de forces extérieures P, subit une déformation élastique.

Soient Π le travail élastique correspondant; p le déplacement du point d'application de la force P, projeté sur la direction de P; q la composante du déplacement d'un point appartenant au solide par rapport à un système d'axes quelconque.

Exprimons q par la relation $q = \Sigma a_i f_i$, dans laquelle les n paramètres statiques a_i sont à déterminer en fonction de forces P, et les n fonctions f_i des coordonnées initiales du point avant la mise en charge, doivent satisfaire aux conditions géométriques de pose sur les appuis, de sorte qu'on pourra exprimer, en fonction de a_i, les déplacements p, le travail Π et la fonction $U = \Sigma P p - \Pi$.

La condition d'équilibre

$$\delta U = \sum \frac{\partial U}{\partial a_i} \delta a_i = 0,$$

basée sur le principe des travaux virtuels, se décompose en un système de n équations $\frac{\partial U}{\partial a_i} = 0$.

On peut tirer de là toutes les valeurs de a_i en fonction de forces P, si toutefois les dérivées $\frac{\partial^2 U}{\partial a_i \, \partial a_k}$ ne sont pas infinies ou indéfinies, et si le jacobien

$$J = \frac{\frac{\partial U}{\partial a_1}, \frac{\partial U}{\partial a_2}, \ldots, \frac{\partial U}{\partial a_n}}{a_1, a_2, \ldots, a_n}$$

n'est pas nul.

Posons

$$\delta a_i = \beta_i, \qquad \delta^2 U = \Delta$$

et considérons tout un système de n équations

$$\frac{\partial \Delta}{\partial \beta_i} = \frac{\partial^2 U}{\partial a_1 \, \partial a_i} \beta_1 + \frac{\partial^2 U}{\partial a_2 \, \partial a_i} \beta_2 + \ldots + \frac{\partial^2 U}{\partial a_n \, \partial a_i} \beta_n = 0.$$

Ce système donne les valeurs uniques $\beta_i = 0$, si $J \neq 0$; donc pour

(¹) Séance du 11 juillet 1921.

l'ensemble de valeurs de a_i obtenu plus haut, les dérivées $\frac{\partial\Delta}{\partial\beta_i}$ ne sont pas nulles à la fois, et la seconde variation Δ diffère de zéro.

L'équilibre du solide est *stable*, si pour toutes les valeurs arbitraires de β_i on a $\Delta < 0$; *instable*, si $\Delta > 0$ ou indéterminé de signe. Ce dernier cas se présente toujours lorsqu'on a un système de valeurs particulières de β_{i0}, donnant $\Delta_0 = 0$ et quand $J \neq 0$, car pour les valeurs infiniment prochaines $\beta_{i0} \pm h_i$ le développement

$$\delta\Delta_0 = \Delta_0 \pm \Sigma h_i \frac{\partial\Delta}{\partial\beta_{i0}} + \ldots$$

change de signe avec h_i en passant par zéro.

L'équilibre instable n'a aucune importance pratique. Quelquefois il se présente encore un cas de l'équilibre *ambigu*, quand une dérivée, par exemple $\frac{\partial^2 U}{\partial a_i \, \partial a_k}$, devient infinie, indéfinie, ou quand le jacobien $J = 0$. Ce cas particulier correspond toujours à un système de *charges critique* (flambage, système de barres articulées instable, etc.).

L'équilibre ambigu est signalé par une valeur de Δ infinie ou indéfinie, émanant de $\frac{\partial^2 U}{\partial a_i \, da_k}$, ou par la valeur nulle de Δ, due à la relation $J = 0$, car dans ce dernier cas le système des équations $\frac{\partial\Delta}{\partial\beta_i} = 0$, cité plus haut, peut être satisfait dans un domaine restreint de β_i autres que zéros. Une barre cylindrique, guidée aux extrémités et chargée debout, en donne un exemple très simple et très instructif.

Soient O le centre de la section inférieure, OX l'axe longitudinal, l la longueur primitive.

Posons

$$q = y = \Sigma a_i \sin\left[i\frac{\pi x}{l}\right].$$

Il est aisé de voir que

$$p = \frac{1}{2}\int_0^l y'^2 \, dx, \qquad \Pi = \frac{1}{2}\,\mathrm{EI}\int_0^l y''^2 \, dx,$$

et, par conséquent,

$$U = \sum \frac{\pi^2 i^2}{4l}\left[P - i^2\frac{\pi^2 \mathrm{EI}}{l^2}\right] a_i^2.$$

Les équations $\frac{\partial U}{\partial a_i} = 0$ donnent toutes les valeurs $a_i = 0$, c'est-à-dire l'équilibre rectiligne est le seul possible. La relation $J = 0$ fournit une suite

de charges critiques eulériennes $P = i^2 \frac{\pi^2 EI}{l^2}$, et la seconde variation

$$\Delta = \sum \frac{\pi^2 i^2}{4l} \left(P - i^2 \frac{\pi^2 EI}{l^2} \right) \beta_i^2$$

prouve que l'équilibre stable ne peut être obtenu que pour $P \leq \frac{\pi^2 EI}{l^2}$.

2° *Flambage élastique.* — Soient l la longueur primitive d'une barre guidée aux extrémités et chargée debout, σ_w la tension critique, σ_p la limite d'élasticité à la flexion, E le coefficient correspondant, α une valeur numérique, égale à 0,385 pour le fer et l'acier fondu, r le rayon de gyration minimum de la section supposée constante. On peut établir pour les matériaux tels que l'acier et le fer la relation suivante :

$$\sigma_w = \sigma_p + \alpha E \left[\frac{r}{l} \right]^2.$$

C'est une formule théorique, mais il vaut mieux la considérer comme empirique. Elle remplit le vide, pour lequel la formule d'Euler est en défaut, et s'accorde très bien avec les expériences classiques de Karman. En égalant σ_w à la tension analogue σ_E tirée de l'équation d'Euler, on peut trouver la valeur critique $\frac{r}{l}$, peu différente de celle de Przerwa-Tetmajer.

3° *Mesure de fatigue.* — Soient d le diamètre primitif de l'éprouvette, d' le diamètre de la section de rupture, $l = 10d$ la longueur initiale entre repères, l' la longueur totale de l'éprouvette rompue. Désignons par $\varphi = 100(l' - l) : l$ pour 100, $\psi = 100(d^2 - d'^2) : 20$ pour 100. Le rapport $\xi = \psi : \varphi$ peut servir comme mesure de fatigue (étirage à froid, écrouissage, trempe, etc.). Pour l'acier et le fer laminés $\xi \simeq 2$. Cette valeur s'élève considérablement avec le degré de fatigue.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur un dispositif pour les essais de dureté des matériaux réfractaires à haute température.* Note de MM. **Étienne Rengade** et **Edmond Desvignes**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'importance considérable que présente la tenue des matériaux réfractaires aux températures élevées a fait rechercher depuis longtemps un procédé d'essai de ces matériaux. On s'est bientôt aperçu que la détermination du « point de fusion » par la méthode des cônes de Seger, tout

d'abord employée, donne le plus souvent des indications en désaccord avec les résultats constatés dans la pratique. Aussi a-t-on été amené depuis un certain nombre d'années à déterminer la résistance à chaud sous charge, et cette fois les résultats recueillis ont été des plus précieux.

C'est ainsi en particulier que MM. Le Chatelier et Bogitch ont étudié la manière de se comporter à haute température des briques d'argile, de silice ou autres substances (¹), au moyen de petits cubes de 1^{cm} de côté, taillés dans les briques et écrasés par une presse à levier.

Un dispositif du même genre, utilisant des échantillons cylindriques découpés au moyen d'une scie en diamant, a été décrit récemment par K. Endell (²).

Nous avons cherché à nous affranchir des difficultés de préparation d'éprouvettes taillées suivant des cotes données; l'extrême facilité d'exécution que présente à la température ordinaire l'essai de la bille de Brinell suivant les indications de MM. Le Chatelier et Bogitch (³) nous a conduits à réaliser un essai analogue à chaud; toutefois nous avons remplacé la bille, trop difficile à tailler, par un cône, suivant la modification de Ludwick.

Voici le dispositif que nous avons finalement adopté :

Le cône à 90° qui doit produire l'empreinte est taillé à l'extrémité d'une baguette de graphite Acheson de 30^{mm} de diamètre environ, disposée verticalement et articulée avec un levier horizontal. L'échantillon, très grossièrement taillé en forme de cylindre à bases planes (les deux faces de la brique) repose au milieu du four sur un support également en graphite. Le four électrique est du modèle imaginé par M. Rosenhain, du National Physical Laboratory : il est constitué par un empilage de rondelles de graphite, taillées en biseau, les deux rondelles extrêmes étant fixées sur deux pièces fondues en bronze, servant à amener le courant, et refroidies par une circulation d'eau. A l'intérieur des rondelles est un tube en alumine, qui assure une meilleure égalisation des températures. Un courant lent d'azote protège les pièces de graphite contre la combustion.

La température est lue au moyen d'un pyromètre optique Leeds and Northrup avec lequel on vise la surface de l'échantillon par l'ouverture supérieure du four.

Pour faire un essai, on chauffe progressivement l'appareil, le crayon de charbon étant légèrement soulevé et amené de côté, de façon à permettre la visée facile du pyromètre. Quand la température désirée est atteinte, on la maintient durant un temps convenable (20 ou 30 minutes), puis on fait reposer le cône au centre de l'échantillon et l'on charge le levier d'un poids correspondant à la pression choisie (10^{kg}); on main-

---

(¹) Le Chatelier et Bogitch, *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 761; t. 165, 1917, p. 218 et 488; t. 169, 1919, p. 495.

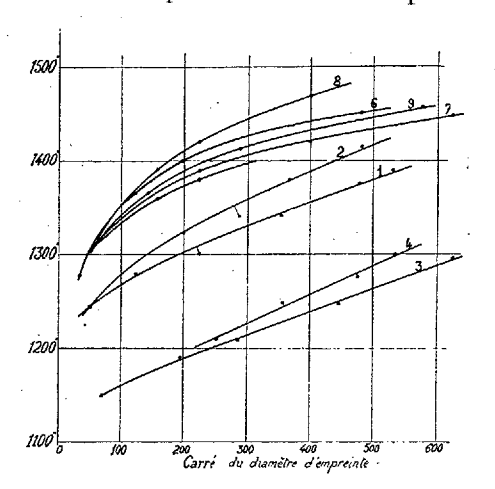
(²) K. Endell, *Stahl und Eisen*, 1921, p. 6.

(³) Le Chatelier et Bogitch, *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 840.

tient celle-ci 10 minutes, puis on enlève le charbon, on vérifie que la température n'a pas varié, et il n'y a plus qu'à laisser refroidir l'échantillon et à mesurer l'empreinte.

A cet effet, nous utilisons une réglette plate dont l'extrémité inférieure est taillée en pointe à 90°, de manière à pénétrer verticalement dans l'empreinte, la profondeur atteinte étant évaluée par le déplacement d'un repère vis-à-vis d'une deuxième réglette reposant sur la surface de l'échantillon. On obvie ainsi au manque de netteté des bords de l'empreinte.

Nous donnons, à titre d'exemple, les courbes représentant les variations



des empreintes avec la température pour un certain nombre de briques d'argile (n°s 1 à 8) et pour une brique de bauxite (n° 9). On retrouve ainsi le ramollissement progressif déjà signalé par MM. Le Chatelier et Bogitch. On voit que l'allure de ce ramollissement est à peu près la même pour toutes les briques, mais avec une différence dans les températures suivant la qualité qui atteint 220° entre les deux briques extrêmes. Les analyses ci-dessous montrent que la richesse en alumine ne paraît pas avoir grande influence sur ces variations; par contre, la présence des alcalis exerce un effet très nuisible.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Perte au feu.....	0,20	0,15	0,20	0,54	0,40	0,20	0,25	0,25	0,22
Silice...........	70,90	85,20	80,80	72,70	71,60	70,62	57,80	67,20	26,80
Alumine.........	23,60	11,30	14,72	20,00	21,00	25,80	37,50	29,07	61,70
Chaux..........	0,35	0,20	0,45	0,20	1,15	0,80	0,60	0,90	1,30
Magnésie........	0,15	0,14	-	0,30	0,21	-	0,33	0,18	0,07
Alcalis (K^2O)...	1,30	0,91	2,20	1,45	0,18	-	traces	traces	-
Sesquioxyde de fer.	2,03	1,27	1,44	4,38	4,29	1,98	3,73	2,34	6,66
Acide titanique..	1,52	1,10	0,59	0,88	1,28	0,88	-	-	3,44
Totaux.........	100,05	100,27	100.50	100,45	100,11	100,28	100,21	99,94	100,19

Le même appareil s'applique aux essais de briques silice, mais, comme on devait s'y attendre d'après les travaux cités, l'effet de la chaleur est très différent. L'échantillon ne montre aucune empreinte jusqu'aux environs de 1600°. Puis l'adhérence des grains diminue brusquement, et le cône s'enfonce tout d'un coup en crevassant la brique.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la distribution des électrons dans les atomes lourds.* Note de MM. **A. Dauvillier** et **L. de Broglie**, transmise par M. E. Bouty.

Dans une précédente Note [1], l'un de nous a exposé le schéma des niveaux d'énergie dans les atomes lourds auquel l'avait conduit l'étude détaillée des séries L de l'uranium. Nous avons pu depuis, en nous basant sur ce schéma, et grâce aux mesures de Coster pour les raies et de Duane

---

[1] A. Dauvillier, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 35. Dans une Note ultérieure (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 77), M. Coster a cru être arrivé à un résultat différent du nôtre au point de vue du classement des raies $L\gamma$. En réalité, nos notations seules diffèrent, comme on s'en rendra compte au moyen du Tableau de correspondances suivant :

D. Coster..............	γ_6	γ_2	?	β_8	β_9	β_{10}
A. Dauvillier...........	γ_2	γ_7	γ_6	β_2''	β_8	β_9

Les mesures de M. Coster confirment l'hypothèse que nous avions énoncée, à savoir que les raies γ_6 et γ_7 coïncident pour l'uranium. De plus, l'intensité de γ_7 est invariable : c'est une ligne plus forte que γ_3 et plus faible que γ_2 ; γ_6 est une ligne faible.

Les limites N_6 et N_7 nous avaient aussi montré, sur le graphique de Moseley, que les lignes désignées par γ_3 pour Bi et Pb étaient en réalité leurs lignes γ_7, fait mis en évidence par M. Coster. Nous trouvons ainsi finalement 8 limites N et le schéma est le même pour tous les éléments depuis Ta jusqu'à U. Si, d'autre part, comme le dit M. Coster, Stenstrom a reconnu que la ligne $M\alpha$ est double, ses composantes doivent être très voisines, à en juger par les photographies publiées par cet auteur. Or, β_7 et β_7' étant très écartées, la première doit provenir d'un anneau O. Les analogies semblent aussi indiquer que γ_8 provient d'un niveau différent de celui de γ_2 et β_5, ce qui porterait à 4 le nombre des niveaux O reconnus. L'attribution de 3 quanta à la couche O exigerait d'ailleurs 5 limites O et les combinaisons OL seraient identiques aux passages ML : β_5 aurait ainsi un satellite de grande longueur d'onde définissant O_1 ; le doublet $\gamma_2\beta_5$ proviendrait de O_2 ; γ_8 et γ_4 définiraient O_3 et O_4, et O_5 le serait par un doublet de Sommerfeld dont la composante β_7 est encore seule connue. (Incidemment nous venons par ailleurs d'observer les raies $K\alpha_3\alpha_4$ de Ni et Cu : elles sont confondues et très faibles; elles mesurent respectivement 1647,9 et 1530,6.10^{-11} cm.)

et Patterson pour les limites d'absorption, calculer la grandeur de la plupart de ces niveaux, du tungstène à l'uranium, et tracer les droites de Moseley correspondantes ([1]). Les cinq niveaux M sont très bien définis : M_1, M_2, M_5 donnent des droites concourantes qui couperaient l'axe des nombres atomiques vers $N = 30$. M_3 et M_2 sont parallèles, de même que M_4 et M_5. Les limites N_3, N_4, N_5, N_6, N_7, N_8 forment un groupe dans lequel N_6 et N_8 concourent vers $N = 42$, N_3 et N_7 vers $N = 46$, N_4 et N_5 vers $N = 50$.

La limite N_2, qui est très bien définie grâce au doublet $M_{\alpha\beta}$, quoique de *pente* voisine de celle de N_6, se comporte tout différemment et rencontrerait l'axe des N vers $N = 68$. Enfin les niveaux O sont encore trop mal déterminés pour que les points d'intersection soient nets : on voit seulement que ceux-ci existeraient au-dessus de $N = 70$.

La signification de ces chiffres est très importante au point de vue de la structure de l'atome, car ils renseignent sur la distribution des électrons dans les diverses couches corpusculaires. Une limite d'absorption ne se manifeste que lorsque le niveau d'énergie correspondant est occupé d'une façon normale et stable par un ou plusieurs électrons. A mesure que le nombre atomique croît et que l'atome devient plus chargé en corpuscules, ces niveaux sont successivement garnis, et l'on voit apparaître de nouvelles limites d'absorption en même temps que le spectre X d'émission s'enrichit en lignes de relativement plus haute fréquence. Il était donc intéressant de comparer ces indications avec celles que nous avons données, du point de vue physico-chimique, dans une précédente Note ([2]).

Depuis la publication de celle-ci nous avons aussi eu connaissance d'une lettre récemment adressée par M. N. Bohr à *Nature*, et dans laquelle le savant danois propose un schéma légèrement différent du nôtre en s'appuyant sur des considérations tirées de la dynamique des quanta, tout à fait différentes de celles qui nous avaient guidés. Le Tableau suivant, relatif à l'uranium, dans lequel les grands chiffres représentent le nombre des corpuscules des diverses couches, et les indices celui des quanta attribués à chacune d'elles, permet la comparaison des deux points de vue :

	K.	L.	M.	N.	O.	P.	Q.
N. Bohr........	2_1	8_2	18_3	32_4	18_3	8_2	6_1
Nous...........	2_1	8_2	18_3	18_4	$32_?$	$8_?$	$6_?$

([1]) En abscisses, les racines carrées des rapports des fréquences à celle de Rydberg; et ordonnées, les nombres atomiques N.

([2]) L. de Broglie et A. Dauvillier, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1650.

Nous sommes donc d'accord en ce qui concerne les couches K, L, M, P et Q, mais en opposition pour les couches O et N.

Or, le groupe des limites d'absorption N_3-N_8 confirme l'existence d'environ 46 électrons internes (18 corpuscules N) et la limite N_2 d'une soixantaine de ceux-ci (32 corpuscules N). Les deux hypothèses sont donc à la fois confirmées par le spectre de rayons X et il faut admettre l'existence de deux groupes d'électrons N. On aurait donc, dans le cas de l'uranium :

K.	L.	M.	N'.	N''.	O.	P.	Q.
2_1	8_2	18_3	18_4	14_4	18_3	8_2	6_1

Couche N de Bohr (N'. + N''.). Couche O de notre schéma (N''. + O.).

Les couches N' et N'' ont été réunies par Bohr comme ayant le même nombre de quanta sous le nom de « couche N à 32 électrons ». Guidés par les propriétés physico-chimiques des éléments, nous avons au contraire été amenés à réunir les couches N'' et O, d'énergies voisines, en une seule couche O à 32 corpuscules. Cette explication paraît pour l'instant la plus naturelle, car si d'une part les droites de Moseley rapprochent les niveaux N_1 et N_2 des niveaux O, l'origine des lignes $M\alpha$ et $M\beta$ implique la nécessité de leur attribuer 4 quanta, ce qui les rapproche des autres niveaux N.

L'existence de 14 électrons constituant le groupe N'' expliquerait par ailleurs pourquoi les 14 éléments des terres rares, du cérium au tantale, ont des propriétés chimiques si voisines. Il suffit pour cela d'admettre que les deux couches les plus externes (8 électrons O et 5 électrons P de valence) ne se modifient pas dans cet intervalle qui correspondrait à l'édification de la couche interne N''. Les deux schémas sont enfin d'accord pour affirmer l'existence de 78 électrons internes par rapport aux niveaux O. Aux 8 électrons O de la série xénon-tungstène s'ajouteraient, entre W et Pt, 4 nouveaux électrons qui se placeraient sur les niveaux O les plus profonds [1] et qui seraient ainsi responsables de l'*accroissement d'intensité des raies* γ_2 *et* β_5. Pour Au la couche O se compléterait brusquement à 18 électrons et les raies β_7, γ_4 et γ_8 devraient devenir plus intenses. En fait, γ_8 qui est très apparente pour U n'a jamais été observée pour W.

---

(1) Cette condensation électronique entre W et Pt est aussi révélée par notre Table périodique (*loc. cit.*). En outre, celle-ci indique que l'élément inconnu 87 est un métal très alcalin, radioactif et probablement le plus conducteur de tous les éléments. Nous pensons que la radioactivité du potassium et du rubidium est due à la présence de traces de cet élément et nous nous proposons d'essayer d'en déceler prochainement l'existence par son spectre de rayons X.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la diffraction des rayons X par les liquides.* Note de M. A. **Debierne**, présentée par M. G. Urbain.

Les phénomènes qui accompagnent le passage des rayons X à travers les substances cristallines s'expliquent généralement par une réflexion partielle sur les plans réticulaires de grande densité (l'onde réfléchie étant obtenue par la superposition des ondes diffractées par les molécules ou les atomes contenus dans ces plans), et l'interférence des ondes réfléchies sur les différents plans parallèles de même nature (Bragg).

L'étude des lames liquides minces ayant mis en évidence dans certains cas une véritable stratification, correspondant à une répartition des molécules suivant des plans parallèles dans le voisinage de la surface libre (Johonnot, Perrin), j'ai pensé que ces plans pourraient donner, avec les rayons X, des phénomènes analogues à ceux produits par les plans réticulaires des cristaux, et j'ai effectué diverses expériences à ce sujet. Au cours de ces recherches, sur lesquelles je reviendrai plus tard, j'ai constaté la formation d'anneaux de diffraction lorsque les rayons X passent à travers une masse liquide, sans que la surface intervienne.

L'expérience a été faite de la manière suivante : Un faisceau étroit de rayons X, provenant d'un tube Coolidge, traverse une couche liquide suffisamment épaisse pour qu'une fraction importante du rayonnement soit absorbée. A une certaine distance est placée une plaque photographique normalement à la direction des rayons, et le faisceau direct est intercepté par un petit écran de plomb, de manière que la plaque reçoive seulement les rayons diffusés par le liquide. Lorsque la pause a été suffisamment prolongée (plusieurs heures), on obtient une auréole avec une région centrale non impressionnée, qui montre que la diffusion des rayons ne se fait pas d'une manière désordonnée, et qu'il existe des directions privilégiées. Dans certains cas, deux anneaux bien distincts ont été obtenus. Le phénomène a été observé avec différents liquides : mercure, iodure de méthyle, iodure de méthylène, benzène, bromobenzène, etc., et quelques mélanges. Différentes particularités ont été observées qui feront l'objet d'une prochaine Note.

Le phénomène est assez analogue à celui qui se produit avec les cristaux en masses confuses ou en poudre, et certaines substances considérées comme amorphes. Dans ces différents cas, il a été généralement supposé que la masse diffractante contenait un grand nombre de cristaux microscopiques ou d'agglomérations ayant une constitution réticulaire, orientés au hasard. Il n'y a aucune difficulté à expliquer la formation d'anneaux par l'interférence des ondes réfléchies sur les plans réticulaires.

On peut évidemment faire une hypothèse analogue dans le cas des liquides et supposer qu'ils contiennent des groupements arrangés à la manière des cristaux, mais cette hypothèse ne me paraît pas nécessaire et la question peut être envisagée de la manière suivante [1] :

Supposons qu'il existe dans les liquides, et cela peut s'appliquer aux substances amorphes ou colloïdales, des centres de diffraction, atomes ou molécules, répartis au hasard mais satisfaisant à cette condition que les centres voisins soient toujours à égale distance les uns des autres, comme les centres de petites billes restant au contact. Cet élément de régularité dans la constitution du liquide suffira pour provoquer la formation d'anneaux de diffraction.

Considérons, en effet, deux centres voisins placés au hasard par rapport à la direction du faisceau incident. Il y aura interférence des ondes diffractées par les deux centres, et dans le plan contenant le rayon incident, l'addition des amplitudes se fera dans une direction faisant avec ce rayon un angle facile à calculer. Mais on voit immédiatement que cet angle passe par un minimum pour une valeur α donnée par l'équation

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{\lambda}{2a},$$

λ étant la longueur d'onde et a la distance fixe entre les centres. Il en résulte que pour chaque radiation une partie importante de l'énergie diffractée est concentrée dans le voisinage de la direction du minimum. C'est le résultat bien connu du minimum de déviation du faisceau diffracté par un réseau, lorsque celui-ci tourne devant le rayon incident. Dans les plans ne contenant pas le faisceau direct, la déviation de l'onde diffractée est toujours plus grande que l'angle α.

Chaque radiation sera donc dispersée à partir d'un cône intérieur où l'intensité sera la plus grande, et un faisceau hétérogène donnera une série d'anneaux dont le diamètre ira en croissant avec la longueur d'onde. L'aspect des photographies obtenues paraît bien correspondre à cette manière de voir.

On peut supposer que dans les liquides et les corps amorphes, les centres

(1) Ces expériences étaient faites lorsque j'ai eu connaissance d'un travail de M. Debye sur la diffraction des rayons X par un jet de benzène liquide. M. Debye a cherché à expliquer les phénomènes observés par la présence de réseaux électroniques ou de réseaux atomiques dans les molécules (LEDOUX-LEBARD et DAUVILLIER, *Physique des rayons X*, p. 145).

de diffraction sont constitués par les molécules dont les distances mutuelles subissent seulement de petites variations par l'agitation thermique, ou par des atomes particulièrement actifs contenus dans ces molécules. Un phénomène analogue devra aussi se produire, même avec les gaz, lorsque, à l'intérieur des molécules, les atomes actifs auront entre eux des distances fixes. Il est possible alors que le phénomène se produise avec des radiations de longueur d'onde très petite.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la résistivité du protosulfure et du protoséléniure de thallium.* Note de M. **H. Pélabon**, présentée par M. A. Haller.

La résistivité des solides à structure cristalline varie souvent pour un même corps d'un échantillon à un autre. Avec les sulfures et les séléniures métalliques, ces variations peuvent être considérables. La conductibilité électrique de ces composés dépend du mode de préparation du barreau qui sert aux mesures, elle n'est pas la même si celui-ci a été trempé ou recuit, elle est en outre notablement influencée par la température.

Nous avons étudié en particulier le sulfure de thallium Tl^2S et le séléniure correspondant Tl^2Se; ces corps fondent à des températures relativement basses : 448° et 398°; ils cristallisent aisément. En ayant soin de les mouler dans de petits tubes en U qu'on peut disposer dans un four électrique, il est possible de suivre bien au delà du point de fusion les variations de la résistivité en fonction de la température.

Sulfure de thallium. — Après avoir fondu le corps dans le tube en U, on le laisse refroidir *rapidement*, on le dispose ensuite dans le four. La résistivité du corps ainsi obtenu, qu'on peut considérer comme *trempé*, est en général très grande, elle varie énormément avec le degré de trempe, elle est d'autant plus élevée que le refroidissement de l'échantillon moulé a été plus rapide.

La résistance spécifique R varie avec la température suivant une loi qui est toujours la même, mais la valeur de R n'est pas déterminée quand la température T est connue.

Quand la température croît, la résistance R diminue d'abord rapidement. Dans une de nos expériences elle est passée de 2878 ohms pour $T = 20°$ à 384 ohms pour $T = 205°$. Elle augmente ensuite, passe par un maximum (537 ohms pour $T = 220°$), puis décroît d'une manière régulière. Pour l'échantillon étudié, elle n'est plus que de 37 ohms à 395°.

On peut arrêter de chauffer avant que le composé prenne l'état liquide et étudier comment varie la résistivité pendant la durée du refroidissement très lent. On ne retrouve pas du tout les valeurs de R observées pendant le réchauffement, mais des nombres inférieurs. Néanmoins la résistance croît très lentement et très régulièrement quand la température baisse. Avec l'échantillon étudié ci-dessus on passe de $R = 37$ ohms pour $T = 395^\circ$ à $R = 256$ ohms pour $T = 20^\circ$. On est loin des 2878 ohms du début.

Une nouvelle chauffe montre que le corps qu'on peut maintenant considérer comme *recuit* a une résistance qui diminue très régulièrement quand la température croît, le maximum observé vers 220° pour le sulfure trempé n'apparaît plus.

Le passage à l'état liquide est dans tous les cas accompagné d'une variation brusque de la résistance.

La résistivité du liquide diminue quand la température s'élève et, à 730°, toujours avec le même échantillon, on trouve $R = 1^{\text{ohm}},15$.

Pour le liquide, on retrouve dans la période du refroidissement les mêmes nombres que dans la période de réchauffement. Avec le corps liquide, la résistivité prend une valeur qui ne dépend plus que de la température.

Séléniure de thallium. — Le séléniure de thallium se comporte comme le sulfure.

La résistance des échantillons trempés varie plus irrégulièrement, on observe toujours deux valeurs maxima et une valeur minima. A la température ordinaire, le séléniure, même trempé, est beaucoup plus conducteur que le sulfure recuit.

Les nombres du Tableau suivant permettent de suivre les variations de résistance d'un échantillon préalablement trempé.

T.	R.
	I. — *Séléniure trempé.*
°	ohm
20	6,2
110	7,5 (1er maximum)
205 (réchauffement)	3,8 (minimum)
250	17,2 (2e maximum)
300	9,6
	II. — *Refroidissement du séléniure amené à 300°.*
300	9,6
190	2
20	1,12
	III. — *Séléniure recuit.*
20	1,12
300	2,4

Ces nombres montrent combien est brusque la variation que subit la résistance du séléniure solide entre 200° et 250°. La diminution de R pendant la période du refroidissement est d'abord rapide de 300° à 190°, puis elle se fait beaucoup plus lentement. Le réchauffement de l'échantillon recuit fait varier très lentement et très régulièrement sa résistance, on n'observe plus ni maximum ni minimum.

Que se passe-t-il au point de fusion? Pour le séléniure trempé, on observe tout simplement un point anguleux de la courbe qui représente les résultats. Au contraire, pour le séléniure recuit, le phénomène de la fusion est signalé par une variation brusque de la résistivité qui croît notablement. Dans les deux cas, le liquide obtenu a une résistivité qui ne dépend que de T et qui diminue quand T croît.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Propriétés magnétiques des métaux alcalino-terreux en combinaison.* Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

J'ai déjà montré à diverses reprises que les métaux diamagnétiques, et surtout ceux dont la valence était unique, conservaient leurs propriétés magnétiques inchangées dans la plupart de leurs combinaisons salines; un Tableau récapitulatif des susceptibilités atomiques a même été donné ([1]).

La publication hâtive de ces déterminations, faite dans l'incertitude du lendemain, exige maintenant des justifications et de petites retouches de détail qu'ont rendues plus sûres encore de nombreuses mesures faites depuis la guerre.

Nous ne reviendrons pas sur les métaux alcalins, étudiés en détail ici même ([2]), et la présente Note traitera plus spécialement des métaux alcalino-terreux.

En supposant la susceptibilité spécifique de l'eau égale à $-7,2.10^{-7}$, nous avons trouvé les valeurs suivantes pour les susceptibilités moléculaires χ_m des sels et les susceptibilités atomiques χ_a des métaux ([3]) :

([1]) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1895.

([2]) *Comptes rendus*, t. 157, 1914, p. 37.

([3]) Les χ_a ont été calculés en admettant (au facteur -10^{-7}) les valeurs suivantes pour les radicaux acides :

$$NO^3 = 142; \quad CO^3 = 222; \quad SO^4 = 336;$$
$$F = 63; \quad Cl = 201; \quad Br = 306,5; \quad (OH)'' = 74,5.$$

	χ_m.	χ_a.	χ_a moyen.
$Gl(OH)^2$	-231.10^{-7}	-82.10^{-7}	-82.10^{-7}
$SO^4Mg, 7H^2O$	-1357.10^{-7}	-111.10^{-7}	-113.10^{-7}
$CO^3Mg, 3H^2O$	727	115	
F^2Ca	-281.10^{-7}	-155.10^{-7}	-158.10^{-7}
SO^4Ca	496	160	
$SO^4Ca, \frac{1}{2}H^2O$	557	156	
CO^3Ca	382	160	
F^2Sr	-372.10^{-7}	-246.10^{-7}	-245.10^{-7}
CO^3Sr	467	245	
SO^4Sr	579	243	
$Ba(OH)^2, 8H^2O$	-1569.10^{-7}	-380.10^{-7}	-378.10^{-7}
F^2Ba	511	385	
SO^4Ba	713	377	
$(NO^3)^2Ba$	665	381	
CO^3Ba	589	367	

L'additivité du diamagnétisme des métaux alcalino-terreux combinés peut donc être admise dans leurs sels normaux. Seuls s'écartent légèrement de cette loi les chlorures et bromures dans lesquels on observe une baisse du diamagnétisme, habituelle d'ailleurs à tous les composés où voisinent plusieurs atomes d'halogène susceptible de faire entrer en jeu des valences supplémentaires. On observe de même parfois une atténuation partielle du diamagnétisme exceptionnel de l'eau dans certains sels hydratés, savoir :

	χ_m.	Calculé.
Cl^2Ba	-767.10^{-7}	-780.10^{-7}
Br^2Ba	958 »	991 »
$SO^4Ca, 2H^2O$	743 »	754 »
$Cl^2Ba, 2H^2O$	1012 »	1027 »

Nous ne quitterons pas ce sujet sans signaler que les susceptibilités atomiques précédentes vérifient de façon tout à fait remarquable la relation que nous avons trouvée déjà entre les poids (ou les nombres) atomiques et les susceptibilités atomiques des éléments diamagnétiques d'une même famille naturelle.

Si l'on porte, en effet, en abscisses les poids atomiques, et en ordonnées les logarithmes des susceptibilités, on observe que les points figuratifs du calcium, du strontium et du baryum d'une part; du calcium, du magnésium et du glucinium d'autre part, se placent exactement sur deux segments de droite. Nous l'avions déjà constaté pour les métaux alcalins, après les métalloïdes de même valence

Ainsi se justifie le classement habituel des cinq éléments étudiés dans une même famille naturelle, qui doit se diviser en deux sous-groupes ayant le calcium comme terme commun.

On notera que le radium, paramagnétique en combinaison, se place, au point de vue magnétique, en marge des alcalino-terreux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'interpénétration des solides.* Note de MM. **H. Weiss** et **P. Lafitte**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note précédente [1], l'un de nous a apporté quelques précisions à l'étude du phénomène déjà connu de l'interpénétration des deux métaux zinc et cuivre juste au-dessous du point de fusion du plus fusible de leurs alliages.

Nous avons recherché depuis :

1° S'il y avait discontinuité au moment de la fusion d'un des deux métaux, pour le phénomène de pénétration dans le métal resté solide;

2° Si le phénomène se conservait à des températures plus basses;

3° Si le phénomène s'étendait à d'autres métaux que le couple zinc-cuivre.

Les expériences faites à 420° ont montré qu'il n'y avait aucune discontinuité pour la pénétration du zinc dans le cuivre. Ce résultat s'est trouvé confirmé par des expériences sur le couple Sn-Cu, et, par analogie, sur le couple Hg-Cu.

Des expériences faites à 100° pendant une durée de 1 mois ont décelé une pénétration très appréciable du zinc et de l'étain dans le cuivre. Dans ces deux cas elle se produit donc dans un grand intervalle de température.

Enfin, des expériences légèrement au-dessous du point de fusion minimum ont été faites sur les couples Cu d'une part, Sn, Al, Sb, Ag, Au, Ni d'autre part, qui représentent presque toutes les variétés de courbes de fusibilité : une ou plusieurs combinaisons intermédiaires, miscibles ou non entre elles à l'état solide, courbes avec point eutectique et solutions solides limites presque négligeables, solution solide continue avec ou sans minimum. Toutes, sauf celles sur l'aluminium, ont donné un résultat positif. L'une au moins des combinaisons intermédiaires se forme; la limite de deux corps complètement miscibles l'un dans l'autre cesse d'être déter-

---

[1] *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 108.

minée avec précision ; à la limite de deux corps pouvant former un eutectique, ceux-ci fondent si l'on dépasse légèrement la température eutectique, peut-être même si l'on reste un peu au-dessous d'elle.

L'échec pour l'aluminium doit être attribué à une légère couche d'alumine empêchant le contact entre les deux métaux. En effet, la pénétration ne se fait pas non plus au-dessus du point de fusion de l'aluminium si l'on n'a pas soin d'interposer entre les deux métaux un décapant convenable. De plus, des échecs du même genre ont été rencontrés dans l'étude du couple Zn-Cu quand on n'avait pas soin de faire les expériences dans des tubes scellés vidés au vide de la trompe à mercure ; la couche séparatrice d'oxyde de zinc était souvent visible à l'œil nu.

Nous sommes donc en présence d'un phénomène fréquent, peut-être même tout à fait général : les corps seraient, à l'état cristallin, capables de réagir chimiquement entre eux et de diffuser l'un dans l'autre s'ils sont miscibles. Mais le phénomène dans les différents cas, non seulement ne se manifesterait, mais n'existerait que dans un certain domaine de température (variable sans doute avec la pression) voisin de l'apparition de l'état liquide, ce domaine pouvant être très petit pour certains couples de corps, et la pénétration se ferait à une profondeur et avec une vitesse plus ou moins grande suivant la parenté relative et la complexité des molécules en présence.

La question de savoir si le phénomène ne se produit que pour les solides ayant une tension de vapeur nous paraît être surtout une question de terminologie dépendant de la définition que l'on accepte pour l'état solide : on peut toujours soutenir que dans les conditions de l'expérience (pression, température, situation dans le rayon d'action de molécules d'un autre corps), l'état cristallin est localement et partiellement remplacé par un état plus mobile où la diffusion et la réaction chimique sont possibles.

Les recherches actuellement en cours ont pour but la détermination de la vitesse de diffusion ou de réaction dans différentes conditions, et la mise en évidence, si possible, de ces phénomènes pour des corps de complexité chimique plus grande que les métaux ou leurs alliages.

La réalisation expérimentale de ces expérience présente trois difficultés principales :

1° L'obtention, pendant de longues durées, de températures ayant un degré de constance satisfaisant ;

2° La détermination de la variation de composition d'un point à l'autre des solutions solides obtenues par diffusion ;

3° L'influence des gaz.

Pour le premier problème, au-dessous de 350°, par analogie avec l'étuve à soufre mentionnée dans la Note précédente, on a employé des étuves à ébullition de mercure et de différentes substances organiques. Ces dispositifs donnent de bons résultats si l'on prend soin d'éviter deux causes d'erreur : d'abord, par une longue ébullition, quelques substances organiques se décomposent, donnant des produits qui changent la température d'ébullition du liquide; ensuite, sans doute à cause de la transparence des vapeurs qui l'entourent, la température peut être très variable d'un point à l'autre de l'enceinte chauffée. De 450° à 1100° on a employé un four électrique à résistance avec un régulateur à réservoir d'air, s'inspirant du modèle perfectionné du National Physical Laboratory.

La deuxième question fait l'objet des recherches actuelles.

L'oxydation superficielle par des traces d'oxygène et son influence dans certains cas ont été mises en évidence de façon très nette; l'influence de la présence des gaz inertes et des gaz occlus fait partie des études présentes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le rôle des impuretés gazeuses dans l'oxydation catalytique du gaz ammoniac.* Note de M. **Eugène Decarrière**, présentée par M. A. Haller.

La cyanamide calcique industrielle contenant un peu de carbure de calcium non transformé, son emploi comme source de gaz ammoniac donne, outre des traces d'hydrogène sulfuré, une proportion beaucoup plus grande d'acétylène : dans le cas de cyanamides non préalablement mouillées, le mélange gazeux envoyé aux catalyseurs en platine et renfermant environ 8 pour 100 en volume d'ammoniac peut contenir jusqu'à 0,02 d'acétylène et 0,002 d'hydrogène sulfuré pour 100 en volume.

L'action progressive de différentes doses de ce dernier gaz ou d'hydrogène figurant comme seule impureté dans le mélange et les conditions dans lesquelles elle a été étudiée sont l'objet d'une Note récemment parue [1]; l'hydrogène sulfuré y apparaît nettement comme beaucoup moins nuisible qu'on ne s'accordait à le croire, tandis que les résultats suivants, obtenus en opérant dans les mêmes conditions, montrent que l'acétylène parfaitement pur, agissant lui aussi comme impureté unique, constituerait un toxique considérablement plus actif.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1663.

C^2H^2 pour 100^{vol} du mélange (dose présente pendant l'expérience).	Temps de passage de ce mélange depuis l'expérience précédente.	Rendement pour 100.
	h m	
0	0. 0	93,1
0,42	0.10	95,9
0,42	3.15	91,9
0	0.10	90,2
0,42	3.00	85,7
0	0.40	79,1
0	6.00	78,7

Le catalyseur était constitué par $1^g,9$ de platine neuf; d'autres expériences ont été faites avec un autre échantillon du même platine qui, ne pesant que $1^g,7$ et disposé dans un tube de quartz de section un peu plus grande que précédemment ($3^{cm^2},40$ au lieu de $2^{cm^2},50$), ne permettait d'atteindre que 91,2 pour 100 comme rendement, dans le but de vérifier le relèvement initial causé par la présence de l'acétylène.

C^2H^2 pour 100^{vol} du mélange (dose présente pendant l'expérience).	Temps de passage de ce mélange depuis l'expérience précédente.	Rendement pour 100.
	h m	
0	0.10	91,2
0,19	0.10	94,1
0	0.10	92,8
0,44	0.06	91,4
0,44	0.06	87,8
0,44	0.06	72,3
0	0.40	71,9
0	2.00	71,4
0,44	0.06	70,6
0	4.00	70,4
0,19	1.00	66,7
0	1.30	65,0
0	4.30	65,2

Le rendement est bien augmenté au cours des premières minutes d'action des doses considérées d'acétylène (0,19-0,44 pour 100); mais il diminue ensuite, contrairement à ce qui a lieu dans le cas de l'hydrogène, et il tombe bien plus rapidement que pour des teneurs plus grandes en hydrogène sulfuré pur; on constate en outre que l'action de l'acétylène, se différenciant nettement en cela de celle de l'hydrogène sulfuré, a un caractère

nocif particulièrement redoutable du fait que la baisse de rendement est bien plus liée à la quantité absolue d'impureté qui a passé, qu'à sa proportion actuelle, et continue à s'accentuer quand on diminue ou quand on annule cette dernière.

On s'exagérerait cependant beaucoup l'importance du rôle de l'acétylène dans la perte progressive d'activité des catalyseurs industriels en platine si l'on s'en rapportait à la toxicité de ce gaz agissant comme impureté isolée; c'est ce que montre la série de mesures ci-après relatives à l'intoxication par le mélange de 9^{vol} d'acétylène et de 1^{vol} d'hydrogène sulfuré :

C^2H^2 pour 100^{vol} du mélange (dose présente pendant l'expérience).	Temps de passage de ce mélange depuis l'expérience précédente.	Rendement pour 100 ($1^g,9$ de platine neuf).
	h m	
0	0. 0	96,0
0,18	0.10	100,0
0,18	2.30	94,3
0	9.00	96,6
0,32	0.10	94,3
0,32	2.30	94,0
0	4.45	94,3
0,50	0.10	93,7
0,50	3.15	93,0
0	4.00	93,6

On assiste encore au relèvement initial du rendement, mais on n'observe plus la chute rapide qui lui succédait dans les expériences précédentes; bien que les teneurs soient, pour l'acétylène, comparables à celles alors réalisées pour ce gaz seul, et pour l'hydrogène sulfuré, très inférieures à celles étudiées dans la première Note, le mélange se comporta à peu près comme s'il était constitué par de l'hydrogène sulfuré pur.

La faible proportion d'hydrogène sulfuré protège d'ailleurs bien le platine vis-à-vis de l'acétylène, car si on la supprime le rendement diminue rapidement; remarquons toutefois que le rendement, ainsi abaissé de 93,6 à 82,5 pour 100, a pu être relevé jusqu'à 90,2 pour 100 en faisant passer pendant 1 heure 30 minutes le mélange habituel d'air et d'ammoniac, puis jusqu'à 92,6 pour 100 après 9 heures de passage du même mélange.

On voit que, non seulement l'hydrogène sufuré est aussi peu nocif qu'il a été montré dans la première Note, mais que sa présence à côté de l'acétylène, tout au moins dans les proportions indiquées qui sont à peu près celle qu'on rencontre dans la pratique, est un accident heureux qui

empêche de considérer l'acétylène, malgré sa toxicité propre, comme la cause principale de la détérioration des catalyseurs industriels.

D'autres résultats d'expériences peuvent d'ailleurs être donnés à l'appui de cette dernière conclusion.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation du carbure de calcium par le calcium ammonium et l'acétylène.* Note de MM. **L. Hackspill** et **E. Botolfsen**, présentée par M. H. Le Chatelier.

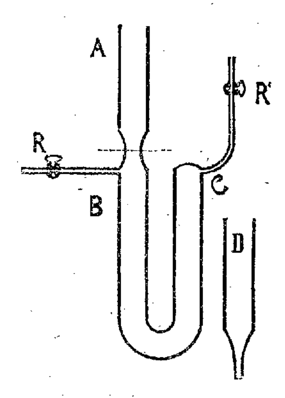
Le carbure de calcium donne lieu à un grand nombre de réactions qui semblent être dues à sa dissociation. En particulier, chauffé dans le vide avec les chlorures alcalins, il met le métal en liberté avec formation de chlorure de calcium mêlé de charbon (¹).

Dans le but d'étudier le mécanisme de cette réaction, nous avons cherché à préparer C^2Ca chimiquement pur à l'aide du procédé indiqué par Henri Moissan (²), c'est-à-dire par la décomposition à 150° de l'acétylure ammoniacal :

$$C^2Ca,\quad C^2H^2,\quad 4NH^3$$

obtenu par l'action de l'acétylène sur le calcium ammonium.

Nos expériences ont été faites en nous plaçant dans les conditions indi-



quées par Moissan, mais dans un appareil entièrement en verre dont toutes les parties étaient soudées les unes aux autres.

L'acétylure acétylénique ammoniacal de calcium était préparé dans un tube en U représenté sur la figure ci-dessus.

(¹) Hackspill et Staehling, *Bull. Soc. chim.*, t. 15, 1914, p. 532.

(²) Moissan, *Comptes rendus*, t. 127, 1898, p. 911.

Ce tube pouvait être mis en relation avec une bouteille à ammoniac synthétique ou avec un générateur à acétylène par l'intermédiaire de tubes desséchants et purifiants. Un poids déterminé (1^{dg} à 2^{dg}) de calcium purifié par fractionnement dans le vide est introduit dans l'appareil plein de gaz ammoniac, par la branche A ensuite scellée à l'étranglement. La liquéfaction de l'ammoniac obtenue par refroidissement à la neige carbonique provoque ensuite la formation du calcium ammonium $Ca(NH^3)^4$, produit bleu foncé, peu soluble dans le liquide surnageant qu'il colore cependant en bleu.

L'acétylène introduit ensuite réagit en donnant C^2Ca, C^2H^2, $4NH^3$ précipité blanc, encore moins soluble. La fin de la réaction est indiquée par la décoloration complète de NH^3. L'appareil n'étant plus refroidi, l'ammoniac se dégage lentement, puis la température étant élevée jusqu'à 150° un mélange de NH^3 et de C^2H^2 se dégage pendant quelques heures. Le vide est fait à l'aide de la trompe à mercure lorsque la température est redevenue normale.

Un tube D formant entonnoir et soudé au-dessus du robinet R' est rempli d'eau pure privée d'air qui peut ainsi par l'ouverture de R' être amenée au contact du produit solide. La réaction est violente et peut même donner lieu à une incandescence qui brise un tube en verre ordinaire; le pyrex résiste. Le volume total des gaz dégagés n'est pas très éloigné de celui que fournirait la décomposition par l'eau d'un poids de carbure correspondant au calcium employé, mais ce gaz n'est pas de l'acétylène pur, il contient 25 pour 100 d'hydrogène et 4 pour 100 d'ammoniac. Par conséquent, le produit obtenu par la décomposition à 150° de C^2Ca, C^2H^2, $4NH^3$ n'est pas du carbure de calcium pur comme le pensait Moissan. En chauffant progressivement ce composé à des températures croissant jusqu'à 700°, on obtient par l'action de l'eau un mélange gazeux de composition toujours semblable, mais dont le volume total diminue progressivement jusque vers la moitié de sa valeur primitive.

Le résidu solide ou dissous, qui reste dans le tube en U, renferme du cyanure de calcium, de la cyanamide, de la chaux et du charbon qui colore toute la masse.

On peut faire un certain nombre d'hypothèses sur la nature des réactions qui se produisent dans ces expériences. Dans le but de préciser ce point, les gaz dégagés pendant le nouveau chauffage du corps obtenu à 150° ont été recueillis, mesurés et analysés.

Température.	Gaz dégagés pendant le chauffage. Volume par gramme de Ca (à 0° et 760mm).	Composition pour 100. NH^3.	C^2H^2.	H^2.
De 150° à 400°	137^{cm^3}	11	18	71
De 150° à 500°	371^{cm^3}	5	20	75

Cet abondant dégagement gazeux obtenu par simple chauffage démontre une fois de plus que le produit préparé à 150° n'est pas du C^2Ca pur et qu'il est fort éloigné de cette composition.

Il a paru intéressant de publier les expériences qui viennent d'être décrites pour éviter à d'autres la perte de temps que nous avons subie. Il importe que l'on sache que la décomposition par la chaleur du carbure de calcium acétylénique ammoniacal préparé avec des produits purs ne fournit qu'un carbure de calcium très impur contenant en particulier de la cyanamide, du cyanure de calcium et du carbone libre.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Une nouvelle réaction de l'ammoniaque.* Note de M. **Const. D. Zenghelis**, présentée par M. Charles Moureu.

Différents procédés, surtout microchimiques, pour la recherche de l'ammoniac gazeux ont paru ces derniers temps.

Notons parmi ceux-ci deux procédés de Denigès [1]. L'un par l'acide iodique, lequel se trouvant dans une atmosphère ammoniacale forme des cristaux quadratiques d'iodure d'ammonium; et l'autre par le formol additionné d'eau bromée acidulée par l'acide acétique qui fournit un dérivé de l'hexaméthyle tétramine.

Ces procédés ne se distinguent pourtant pas par une très grande sensibilité.

Killo et Theodorescu [2] se servent d'un réactif qu'ils ont appelé *réactif picroaldéhydique sensibilisé*, composé d'une solution de formol saturée à froid, par l'acide picrique, et le picrate d'hexaméthylène tétramine. Ce réactif ainsi sensibilisé ne permet que la constatation des quantités d'ammoniac fourni par 1^{mg} de chlorure d'ammonium.

Occupé ces derniers temps avec des recherches sur la synthèse de l'am-

(1) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 177.

(2) *Bull. Soc. de Chim. Romania*, 1921, p. 100.

moniac, je suis parvenu à trouver une réaction de l'ammoniac beaucoup plus sensible et nette.

Cette réaction s'appuie sur la réduction bien connue d'une solution de nitrate d'argent additionnée d'ammoniaque, par le formol. Mais au lieu d'ajouter le formol à la solution ammoniacale, je prépare une solution concentrée de nitrate d'argent dans le formol, laquelle, attaquée par des traces d'ammoniac gazeux fait aussitôt apparaître sur ladite solution une couche très mince d'argent métallique formant un miroir très réfléchissant.

Le réactif se compose d'une solution à 20 pour 100 de nitrate d'argent et de 3 parties de formol de commerce. J'ai travaillé avec du formol à 33 pour 100 et à 37 pour 100. Tous les deux m'ont donné le même résultat satisfaisant.

Le mélange doit être fait chaque fois avant la réaction. Soigneusement préparé, il se conserve à l'ombre, inaltéré, pendant 1 à 2 heures.

Mais son altération même, consistant en un dépôt d'argent en poudre très fine, ne nuit pas, si elle n'est pas naturellement très avancée, à la réaction, parce que celle-ci consiste en l'apparition d'un miroir très net, ou, dans le cas d'une quantité extrêmement petite, par exemple $0^{g},000001$ à $0^{g},000002$ d'ammoniac, en une brillante couronne d'argent formée aux bords du réactif.

Si l'on met quelques gouttes du réactif dans un petit verre de montre et à côté $0^{cm^3},5$ de solution normale d'ammoniaque et que l'on couvre les deux verres avec un petit cristallisoir, une brillante couronne d'argent se forme autour du réactif en 30 secondes et, peu à peu, dans l'intervalle de 2 minutes elle s'étend sur toute la surface du réactif en formant un miroir.

Si la solution ammoniacale est dix fois moins concentrée, ce n'est guère qu'après deux ou trois minutes que cette couronne, très nette, apparaît.

La réaction est naturellement beaucoup plus sensible si l'on chauffe. Dans ce cas-là, on travaille comme il suit :

Après l'addition de quelques gouttes de solution de soude caustique ou de carbonate de soude dans la solution contenant l'ammoniaque, à l'état libre, ou un sel ammoniacal, jusqu'à réaction fortement alcaline, on met $0^{cm^3},5$ à 1^{cm^3} de la solution dans un tube d'essai pas très haut, par exemple de 12^{cm}, et l'on place sur l'ouverture du tube un petit verre de montre avec la partie convexe en bas, en ayant soin de laisser un passage aux vapeurs qui pourraient se produire. Au milieu de cette partie, on pose par une baguette de verre une petite goutte du réactif. On met aussi sur l'autre côté concave, et juste au-dessus de la goutte du réactif, une goutte d'eau servant comme réfrigérant, et l'on chaufle dans un bain de sable.

Après avoir chauffé pendant quelques minutes, des petites gouttelettes d'eau se

concentrent autour du réactif. On met alors la flamme un peu de côté et bientôt une couronne d'argent apparaît qui selon la contenance en ammoniaque se transforme dans quelques secondes ou minutes en miroir; la réaction est très claire et très distincte, pour 1^{cm^3} $\frac{1}{10000}$ N ammoniaque et bien nette encore avec 1^{cm^3} $\frac{1}{50000}$ N qui contient $0^g,00000034$ d'ammoniac gazeux.

On peut constater la même quantité d'ammoniaque dans une quantité plus grande d'eau. Pour cela, on ajoute une goutte d'acide sulfurique diluée dans la solution qu'on laisse évaporer doucement jusqu'à un volume de $0^{cm^3},5$ à 1^{cm^3}, on ajoute du carbonate de soude jusqu'à réaction fortement alcaline et l'on procède comme il a été indiqué. La sensibilité reste la même.

Par ce procédé, j'ai pu constater la présence de traces d'ammoniaque dans l'eau potable, dans des cas où le réactif Nessler avait échoué ou donné des résultats douteux. Il s'ensuit que c'est la plus sensible réaction connue de l'ammoniaque.

Je m'en suis servi également pour la recherche de l'azote organique par l'ancien procédé Faraday.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau procédé de préparation des dérivés sodés des carbures acétyléniques vrais.* Note [1] de M. **Picon**, présentée par M. A. Haller.

Un certain nombre de dérivés organométalliques des métaux alcalins ont été préparés à partir de l'amidure de sodium. Toutefois on n'a pas encore signalé que la formation des dérivés sodés des carbures acétyléniques vrais était possible en partant de ce dérivé alcalin.

Les carbures acétyléniques sodés se préparent, en effet, d'une façon générale, en utilisant le sodium, soit en présence d'éther, soit en présence d'ammoniac liquide. Mais les réactions faites avec ce métal ont le défaut d'employer un élément qui, non seulement donne un dérivé sodé avec la molécule organique, mais est aussi capable de fournir des dérivés d'hydrogénation.

L'emploi de l'amidure de sodium, qui possède la propriété de soder mais non d'hydrogéner les molécules organiques, devait conduire à de meilleurs rendements pour l'obtention des dérivés sodés des carbures acétyléniques vrais.

---

[1] Séance du 11 juillet 1921.

Nous avons d'abord constaté que l'amidure de sodium soigneusement pulvérisé en atmosphère sèche ne réagissait pas sur les carbures acétyléniques vrais en présence de l'éther. Ainsi l'acétylène et le décine n'entrent pas en réaction même si l'on sature préalablement l'éther par un courant de gaz ammoniac sec ou si l'on porte la température à 35°.

En présence de benzine chauffée au bain-marie, la réaction ne se produit pas non plus avec l'acétylène. Avec l'isoheptine et le décine, là combinaison est très rapide et intégrale à partir de 80°. Le rendement est théorique. Mais alors que le produit obtenu en employant le sodammonium est parfaitement blanc, on obtient, en utilisant l'amidure de sodium et la benzine, des produits moins purs, très légèrement colorés en jaune paille.

On peut cependant obtenir avec facilité l'acétylène monosodé en utilisant l'amidure de sodium, mais il est nécessaire d'opérer en présence d'ammoniac liquide. La seule difficulté est d'utiliser de l'amidure de sodium très finement pulvérisé, car l'acétylène monosodé formé, de même que l'amidure de sodium sont peu solubles dans l'ammoniac liquide, et les grains d'amidure, s'ils sont trop gros, ne se décomposent pas entièrement au contact de l'acétylène.

Le même procédé permet également de préparer les dérivés sodés des carbures acétyléniques vrais homologues. Le rendement dépasse 95 pour 100.

L'opération s'effectue de la façon suivante : on pulvérise l'amidure de sodium dans une boîte désséchante dont deux faces opposées sont munies de manches imperméables permettant d'introduire les mains et les avant-bras à l'intérieur de la boîte. L'amidure pulvérisé est introduit dans un flacon bouché à l'émeri et pesé. On le verse ensuite dans un matras rempli d'hydrogène sec et muni d'un bouchon à deux trous. Par ceux-ci passent des tubes de verre qui sont reliés l'un à un tube de 76^{cm} plongeant dans du mercure et l'autre à un robinet à trois voies permettant de faire arriver du gaz ammoniac, puis de l'acétylène. Le matras est refroidi vers — 80°, on condense environ 10 parties d'ammoniac pour une d'amidure, puis un léger excès d'acétylène. Il ne reste plus qu'à agiter doucement en laissant revenir à la température ordinaire.

Si l'on utilise un carbure acétylénique vrai liquide, on opère de la même façon, mais on substitue à l'un des tubes de verre du matras un tube en T dont l'une des branches est soudée à une petite ampoule à robinet contenant le carbure acétylénique. L'autre branche du tube en T est mise en communication avec le siphon de gaz ammoniac. Les dérivés sodés qu'on obtient ainsi sont parfaitement blancs et purs.

Nous avons examiné l'action de la chaleur sur l'acétylène monosodé obtenu d'après ce procédé. On sait que Moissan [1] a indiqué que l'acé-

---

(1) Moissan, *Comptes rendus*, t. 126, 1898, p. 302.

tylène monosodé, préparé dans l'action du sodium chauffé sur l'acétylène, donne sous l'action de la chaleur, avant d'atteindre la température de fusion du verre, de l'acétylène et des carbures liquides. Il reste un produit qui dégage de l'acétylène au contact de l'eau. Si l'on continue à chauffer le même corps, il se décompose en carbone et en sodium. Moissan en déduisit qu'il se formait transitoirement du carbure C^2Na^2, suivant l'équation

$$2C^2NaH = C^2H^2 + C^2Na^2.$$

Avec l'acétylène monosodé formé à partir de l'amidure de sodium, nous avons observé qu'on obtient aussi facilement le carbure C^2Na^2. Pour avoir ce corps pur, il ne faut pas chauffer jusqu'au ramollissement du verre, mais au bain d'huile entre 180° et 210°. L'acétylène monosodé se décompose quantitativement en acétylène et carbure de sodium et sans formation des carbures liquides que Moissan avait obtenus. On a alors un produit qui, au contact de l'eau, se décompose en régénérant la quantité théorique d'acétylène.

3g,82 d'amidure de sodium ont été transformés en acétylène monosodé par action de l'ammoniac liquéfié et d'un excès d'acétylène. L'ammoniac et l'acétylène en excès ont été complètement chassés en faisant le vide de la trompe à mercure dans le récipient. Une chauffe de 5 heures à 180° et 5 minutes à 190° a permis d'extraire 1000$^{cm^3}$ d'acétylène au lieu du chiffre théorique de 1090$^{cm^3}$. Il ne se forme pas de carbures liquides. L'action ultérieure de l'eau sur le carbure de sodium ainsi formé donne, sans la moindre carbonisation, 1030$^{cm^3}$ d'acétylène (quantité théorique : 1090$^{cm^3}$). L'acétylène monosodé fournit donc quantitativement le carbure C^2Na^2 suivant l'équation indiquée par Moissan. Le produit obtenu est pur et n'explose pas avec l'eau comme le fait le carbure préparé à partir de l'acétylène et du sodium. Dans le vide de la trompe à mercure, l'acétylène commence à se dégager vers 105°. A 135° la tension est voisine de 7^{cm}; elle atteint la pression atmosphérique normale à 210°-215°.

Si l'on chauffe ce carbure vers 400°, on observe, ainsi que l'a indiqué Moissan, la formation de carbone et de sodium. Nous avons fait un essai pour éliminer toute trace d'humidité, le résultat a été le même.

Ainsi, dans un appareil séché trois jours par du sodium et dans le vide de la trompe à mercure, on a introduit par distillation du sodium parfaitement brillant, de l'ammoniac liquide parfaitement sec par ébullition d'une solution de sodammonium et enfin de l'acétylène rigoureusement sec par décomposition à la chaleur d'une certaine quantité d'acétylène monosodé.

Après formation de l'acétylène monosodé, on a laissé dégager l'ammoniac, puis on a extrait l'acétylène en excès; ensuite, par chauffage à 210°, on a transformé l'acétylène monosodé en carbure C^2Na^2. Après avoir fait le vide à la trompe, on a chauffé au four électrique au-dessous de 400°; le carbure s'est décomposé en sodium et en charbon. La décomposition s'opère en fait dès 290°.

En résumé, les carbures acétyléniques vrais fournissent avec l'amidure de sodium des dérivés sodés avec un rendement théorique. Il est nécessaire d'opérer en présence d'ammoniac liquéfié. Pour les carbures à partir de l'isoheptine, on peut aussi employer la benzine chauffée à l'ébullition.

Pour préparer le carbure de sodium C^2Na^2 pur par l'action de la chaleur sur l'acétylène monosodé dans le vide, il faut chauffer entre 180° et 210°. L'action de l'eau sur ce corps donne de l'acétylène avec un rendement théorique. La décomposition de ce carbure en carbone et sodium sous l'action de la chaleur s'effectue dès 290° et même en l'absence de traces d'eau.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la polymérisation des glucosanes.* Note de MM. **Amé** et **Jaques Pictet**, présentée par M. A. Haller.

Les deux anhydroglucoses de la formule $C^6H^{10}O^5$, la glucosane et la lévoglucosane, possèdent la propriété de se polymériser aisément. Ce fait a déjà été signalé par l'un de nous à propos de la lévoglucosane (¹); nous l'avons retrouvé, au même degré, chez la glucosane.

Cette polymérisation a déjà lieu sous l'action prolongée de la chaleur (240°); mais elle est considérablement facilitée et accélérée par certains catalyseurs. Celui que nous avons trouvé jusqu'ici être le plus efficace est le chlorure de zinc anhydre. Il suffit, après avoir chauffé l'une ou l'autre des glucosanes un peu au-dessus de son point de fusion, d'y introduire quelques cristaux de ce sel, pour voir le liquide devenir en quelques minutes visqueux ou même solide et se transformer, sans changer de poids, en un nouveau corps. Celui-ci diffère du premier en ce qu'il est insoluble dans l'alcool, même dilué. On peut donc facilement l'isoler et le purifier en dissolvant la masse dans l'eau et en versant la solution dans de l'alcool; le polymère se précipite en flocons.

Si l'on procède ainsi avec la *glucosane*, en la chauffant à 135° avec du chlorure de zinc, on constate qu'il se forme deux polymères différents, selon que l'on opère dans le vide (15mm) ou à la pression atmosphérique. On obtient dans le premier cas une *diglucosane*, dans le second une *tétraglucosane*.

(¹) *Helvetica Chem. Acta*, t. 1, 1918, p. 226.

La *diglucosane* $(C^6H^{10}O^5)^2$ se présente tout d'abord sous la forme d'une poudre blanche, qui n'attire pas l'humidité de l'air. Dissoute à chaud dans l'acide acétique glacial, elle se dépose par refroidissement en cristaux microscopiques, qui fondent vers 150° en se décomposant. Elle est extrêmement soluble dans l'eau, un peu soluble dans l'alcool méthylique, l'acide acétique et la pyridine, et insoluble dans les autres dissolvants organiques. Sa saveur est sucrée. Son pouvoir rotatoire, en solution aqueuse, est égal à $+54°,8$ pour une concentration de 4,6 pour 100. Deux déterminations de son poids moléculaire, par cryoscopie dans l'eau, nous ont donné les chiffres 310 et 355 (calculé 324).

La *tétraglucosane* est amorphe et assez hygroscopique, sa cryoscopie dans l'eau lui assigne un poids moléculaire de 630 et 645 [calculé pour $(C^6H^{10}O^5)^4$ 648], mais l'analyse de la substance séchée sur l'acide sulfurique conduit à la formule $(C^6H^{10}O^5)^4 + 2H^2O$. Sa saveur n'est plus sucrée, mais fade. Ses autres propriétés la rapprochent des dextrines. Toutefois elle n'est pas colorée par l'iode et sa solution aqueuse n'est pas précipitée par le sulfate de soude, l'acétate de plomb, l'acide gallique ou l'eau de brome. Son pouvoir rotatoire, en solution aqueuse, a été trouvé égal à $+80°,81$ pour une concentration de 2,97 pour 100, et à $+82°,76$ pour une concentration de 4,35 pour 100.

Ces deux polymères de la glucosane ne réagissent pas avec la phénylhydrazine, ne rougissent pas la fuchsine décolorée par l'acide sulfureux et ne réduisent que lentement et très faiblement la liqueur cupro-potassique; d'autre part, ils ne sont pas modifiés par une ébullition prolongée avec l'eau. On doit donc admettre qu'ils ne possèdent plus ni la fonction aldéhydique du glucose, ni le groupement d'oxyde d'éthylène de la glucosane.

Ils sont différents du diamylose $(C^6H^{10}O^5)^2$ et du tétramylose $(C^6H^{10}O^5)^4$ obtenus par Schardinger et par Pringsheim par l'action du *Bacillus maceraus* sur l'amidon. Nous regardons comme probable que l'isomérie de ces composés doit s'expliquer par le fait que chez les polyglucosanes, la liaison des groupes $C^6H^{10}O^5$ se fait par l'intermédiaire des atomes de carbone 1 et 2 de la chaîne glucosique, tandis qu'elle a lieu, chez les polyamyloses, entre le carbone 1 et l'un des carbones 3, 5 ou 6.

Quoi qu'il en soit, l'influence qu'exerce la pression sur le degré de polymérisation de la glucosane nous paraît constituer un fait nouveau et digne d'intérêt; nous nous proposons de l'étudier spécialement et de rechercher si, en faisant agir des pressions supérieures à la pression atmosphérique, il sera possible, non seulement avec la glucosane, mais aussi avec d'autres anhydrides des sucres, d'obtenir des polymères d'un ordre plus élevé.

La fusion de la *lévoglucosane* avec le chlorure de zinc, effectuée en vase ouvert à la température de 155°, nous a fourni la *tétralévoglucosane*, $(C^6H^{10}O^5)^4$, déjà décrite par l'un de nous (*loc. cit.*). C'est un corps amorphe, stable à l'air humide, ressemblant beaucoup à la tétraglucosane, mais possédant un pouvoir rotatoire plus élevé (+111°,9).

Enfin nous avons cherché à préparer un *polymère mixte* en chauffant à 140°, en présence de chlorure de zinc, un mélange équimoléculaire de glucosane et de lévoglucosane. Nous avons obtenu un corps amorphe, de saveur fade, et possédant des propriétés semblables à celles des deux tétramères précédents. Son poids moléculaire a été trouvé égal à 645 (calculé 648). Nous n'avons cependant aucune garantie de son homogénéité, et il se pourrait fort bien que notre produit renfermât, à côté du polymère mixte, une certaine quantité de tétraglucosane ou de tétralévoglucosane. Toutefois son pouvoir rotatoire, que nous avons trouvé égal à + 74°,32, et qui est inférieur à ceux des deux tétramères simples, semble bien indiquer que ce produit contient tout au moins une forte proportion d'un troisième composé, doué d'une activité moindre.

Tous les corps dont nous venons de parler sont facilement hydrolysés par l'acide sulfurique dilué, et convertis en glucose. Nous nous sommes demandé si, en faisant usage d'acides plus faibles, on parviendrait à arrêter à mi-chemin l'hydrolyse des tétramères, et à obtenir ainsi des disaccharides, selon l'équation

$$(C^6H^{10}O^5)^4 + H^2O = 2C^{12}H^{22}O^{11}.$$

En faisant bouillir chacun des trois tétramères avec une solution diluée d'acide oxalique, nous avons obtenu des produits qui, traités par la phénylhydrazine, nous ont donné, à côté de beaucoup de phénylglucosazone, un peu d'osazones ne se décomposant que pendant le refroidissement de la solution; ce qui est, on le sait, une propriété caractéristique des osazones des disaccharides. Mais la quantité de ces corps a toujours été jusqu'ici trop faible pour que nous ayons pu les soumettre à l'analyse et déterminer leur nature.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés nitrés et amidés du méthyléthylbenzène.* Note [1] de M. **Alphonse Mailhe**, transmise par M. Paul Sabatier.

Dans un travail antérieur, j'ai décrit les dérivés halogénés du *méthyléthylbenzèneméta* [2], issu de la catalyse de l'essence de térébenthine. J'ai préparé également un certain nombre de dérivés nitrés et amidés de cet hydrocarbure.

---

(1) Séance du 11 juillet 1921.
(2) *Bull. Soc. chim.*, t. **29**, p. 290.

La nitration directe du métaméthyléthylbenzène, effectuée à froid avec de l'acide azotique fumant additionné de $\frac{1}{5}$ de son volume d'acide acétique glacial, conduit à un *dérivé mononitré*, qui bout à 245°. Oxydé par le permanganate de potasse, il fournit l'*acide nitro-4-benzoldicarbonique*-1.3, fondant vers 260°. Le résidu NO^2 s'est donc placé en *ortho* par rapport à l'un des groupes alkylés. Mais l'oxydation de ce dérivé mononitré, effectuée à l'aide d'acide azotique dilué et chaud, a donné des cristaux (f. 211°); c'est l'*acide nitro-6-métatoluique*, $C^6H^3(NO^2)$-6.(CH^3)-1.CO^2H)-3. Il résulte de ces réactions que le résidu NO^2 s'est placé en position 6, par rapport à CH^3 qui est en 1.

L'action du mélange sulfonitrique, effectuée sans précaution sur le méthyléthylbenzène, donne l'*acide dinitrobenzol-1.3-dicarbonique* (f. 215°), à côté d'un mélange de produits nitrés. Si la nitration est effectuée lentement, il se forme une masse cristalline qui, chauffée pendant plusieurs heures au bain-marie avec du mélange sulfonitrique riche en SO^3, donne des cristaux jaunes. Dissous dans l'alcool bouillant, ils fournissent par refroidissement de belles lamelles incolores (f. 90°). L'analyse a montré que l'on a affaire au *trinitrométhyléthylbenzène*. D'après toutes les analogies, c'est sans doute le dérivé symétrique qui s'est formé.

La réduction du mononitroéthylbenzène effectuée au contact du nickel à 250°, fournit le *méthyl-1-éthyl-3-amino-6-benzène*, ou méthyléthylaniline, $C^6H^3(CH^3)(C^2H^5)(NH^2)$. C'est un liquide incolore qui bout à 228°-229°; il brunit au contact de l'air et de la lumière. Son chlorhydrate fond à 152°; dissous dans l'eau, il donne une coloration bleue intense avec le chlorure de chaux.

La méthyl-1-éthyl-3-aniline se transforme par ébullition directe avec les différents acides organiques, dans les amides substituées correspondantes. J'ai préparé ainsi : la *méthyl-1-éthyl-3-formanilide*-6 (f. 151°), la *méthyl-1-éthyl-3-acétanilide*-6 (f. 105°), la *méthyl-1-éthyl-3-propioanilide* (b. à 318°-320°), la *méthyl-1-éthyl-3-butyranilide*-6 (f. 72°), la *méthyl-1-éthyl-3-isovaléranilide* (f. 68°) et la *méthyl-1-éthyl-3-benzanilide*-6 (f. 152°).

L'action de l'isocyanate de phényle, sur la méthyléthylaniline, donne l'urée substituée, la *méthyléthyldiphénylurée* (f. 105°).

A la manière des amines phénoliques, elle se condense avec les aldéhydes pour donner les bases de Schiff. L'aldéhyde benzoïque conduit ainsi à la *benzylidèneméthylaniline*, $C^6H^5CH = N.C^6H^3(CH^3)(C^2H^5)$, qui bout à 330°, et l'aldéhyde isoamylique fournit l'*isoamylèneméthyléthylaniline*, $C^4H^9CH = N.C^6N^3(CH^3)(C^2H^5)$, bouillant à 268°-270°, accompagnée d'une certaine dose de produit condensé.

Enfin, en traitant la méthyléthylaniline par la glycérine et l'acide sulfurique en présence de nitrobenzine, il se forme la *B. méthyl-1-éthyl-3-quinoléine*, sous forme d'un liquide légèrement jaune qui distille sans décomposition à 273°-275°.

La transformation de la méthyléthylaniline en amines mixtes peut être effectuée facilement par méthylation ou éthylation directe au contact d'alumine à 380°-400°, selon la méthode que j'ai fait connaître avec M. de Godon. On prépare ainsi la *méthyléthylaniline diméthylée*

$$C^6H^3(CH^3)(C^2H^5)N(CH^3)^2,$$

qui bout à 217°, et la *méthyléthylaniline diéthylée*

$$C^6H^3(CH^3)(C^2H^5)N(C^2H^5)^2,$$

bouillant à 235°.

Ces deux amines tertiaires ne fournissent pas de combinaison solide avec l'acide sulfurique dilué. Elles ne noircissent pas à l'air ni à la lumière. En essayant de les condenser avec l'aldéhyde benzoïque, de manière à faire un colorant vert analogue au vert malachite, je n'ai rien obtenu par l'oxydation à l'aide du bioxyde de plomb. C'est une preuve de plus que la position para, par rapport à l'azote, n'est pas libre.

GÉOLOGIE. — *Sur un ancien passage du Rhône antewurmien à travers le plateau de Clarafond (Haute-Savoie)*. Note (¹) de M. L. **Doncieux**, transmise par M. Ch. Depéret.

Il y a quelques mois MM. Lugeon et Villemagne (²) ont décrit d'une façon très précise et très exacte un ancien tronçon du Rhône préwurmien à travers le plateau de Clarafond, aboutissant à la vallée des Usses. Plus récemment, M. Kilian (³) a complété cet exposé en donnant des détails intéressants sur les dépôts qui ont comblé l'ancien thalweg et sur la vallée des Usses en amont et en aval du déboucher du vieux Rhône. Ayant eu dernièrement l'occasion d'étudier en détail cette région pour la révision de la

(¹) Séance du 11 juillet 1921.

(²) Maurice Lugeon et J. Villemagne, *Sur un ancien lit glaciaire du Rhône, entre Léaz et le Pont-Rouge des Usses (Haute-Savoie)* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 109).

(³) W. Kilian, *Sur un ancien lit glaciaire du Rhône (vallée des Usses, Haute-Savoie)* (*C. R. somm. des Séances de la Société géologique de France*, 1921, p. 67).

feuille de Nantua j'ai pu faire quelques observations précises qui complètent celles de mes savants devanciers.

L'exploration des ravins compris entre le Rhône et les Usses, notamment des ravins de Parnant, de Marsin et de Saint-Pierre, m'a montré, ainsi que l'avaient déjà fait observer MM. Lugeon et Kilian, que ni le Miocène ni l'Oligocène n'apparaissent dans aucun, si ce n'est au voisinage même des Usses et du Rhône, bien que ces ravins dépassent parfois 80^{m} de profondeur. Ils ne laissent voir dans le fond ou sur les versants que des alluvions souvent consolidées en poudingues avec lits sableux ou gréseux (ce qui a fait croire à la présence de la mollasse miocène) représentant des alluvions préwurmiennes couronnées et ravinées par du Glaciaire argileux pouvant atteindre 150^{m} d'épaisseur qui appartient à la moraine de fond wurmienne peu ou pas caillouteuse. Il y a, intercalées dans ce Glaciaire à plusieurs niveaux, des alluvions fluvio-glaciaires à l'état de conglomérats grossiers (Bourg-Châtel, Frétière, Trainant, Leschaux, la Baraque, Peillonex, Essertoux, Vanzy), mais que la boue glaciaire argileuse coulant sur les pentes et tendant à combler les dépressions ne laisse voir que difficilement.

Sur la berge gauche du Rhône, entre le ravin de Parnant et Arcine, on voit, ainsi que l'a décrit M. Lugeon, la mollasse s'élever à près de 500^{m} dans le ravin de Parnant, sous Éloise, puis disparaître à 800^{m} en amont et, à partir de là, le fond et les berges du Parnant sont exclusivement dans le Glaciaire. D'autre part, le promontoire qui porte Bourg-Châtel montre sur 800^{m} de long cette même mollasse à faible plongement ouest formant une falaise dominant le Rhône de près de 70^{m} (sommet de la falaise, 380^{m}; Rhône, 311^{m}). De ce point, la mollasse s'abaisse brusquement, profondément ravinée par les alluvions préwurmiennes surmontées par la moraine. A moins de 300^{m} en amont, la mollasse a été ravinée presque jusqu'à la base, il n'en subsiste que 1^{m} à 2^{m} reposant sur l'Aquitanien (non encore signalé dans la région) à l'état de marno-calcaires panachés, de marnes vertes ou rutilantes, et qui se montre sur une hauteur de 4^{m} au plus dans la berge du Rhône, raviné directement par les alluvions quand le Miocène a disparu, pour cesser lui-même 100^{m} plus en amont : les alluvions arrivent alors au niveau du Rhône et descendent même certainement au-dessous. Il en est ainsi jusqu'en face du rocher de Léaz. On a donc ici très nettement, comme l'a dit M. Lugeon, le bord occidental d'un thalweg dont la paroi orientale est ensevelie sous le Glaciaire des pentes.

Dans la vallée des Usses, l'ancien thalweg est encore mieux connu, car sa forme en auge est admirablement dessinée par la mollasse et l'Aquitanien, comme l'ont montré MM. Lugeon et Kilian. La mollasse, masquée par le Glaciaire, depuis Bourg-Châtel, reparaît à l'ouest de Chatenod; là elle forme une falaise verticale haute de 70^{m} environ (445^{m} au sommet), orientée Nord-Sud, sur une longueur de 1^{km}. Elle se maintient très haut jusqu'au niveau de Bovinens (495^{m} environ), puis à 400^{m} à l'ouest du Pont-Rouge, sur la route d'Usinens, elle est brusquement ravinée par les alluvions préwurmiennes et le Glaciaire, et disparaît à la cote 315 : il ne reste plus en dessous que l'Aquitanien, raviné à son tour de plus en plus par les mêmes alluvions et qui disparaît à la cote 289, à l'entrée des marais de Mons. Pendant 650^{m} (marais de Mons), il n'y a plus que les alluvions préwurmiennes, couronnées de boue glaciaire à partir de la cote 340. Ces alluvions doivent descendre bien au-dessous du thalweg des Usses, car

un sondage fait en aval du Pont-Rouge a rencontré la roche en place à 16^{m} de profondeur (¹). L'Aquitanien reparaît sous les conglomérats, à l'extrémité sud-ouest de la colline portant la tour de Mons (296^{m}); son niveau se relève rapidement d'abord à 307^{m} et, à moins de 1^{km} à l'est de Mons, dépasse la cote 350. Il est surmonté directement par les alluvions qui ont raviné la mollasse; cette dernière ne reprend sa place sur l'Aquitanien que bien à l'est de Mons.

Quant à l'époque où le Rhône s'écoulait par le tronçon de Clarafond, elle est sans doute très ancienne et sûrement antéwurmienne, car ce thalweg a été comblé par les plus vieilles alluvions quaternaires de la région, qui sont partout recouvertes et profondément ravinées par la moraine de fond du Wurmien ancien (Wurm I). Je suis porté, en effet, à n'attribuer au stade de retrait du Wurmien (Wurm II) que les moraines du pied du Sorgia (Bellegarde), le grand amphithéâtre du Mont de Sion, et les moraines de la région de Jussy, Copponex, ouest d'Avregny, qui ont donné de superbes nappes d'alluvions (cônes de transition) qui se sont étalées sur la moraine de fond laissée par le glacier wurmien lors de sa plus grande extension.

De ce qui précède, on peut conclure : 1° que l'établissement d'un barrage du Rhône serait possible à partir de Bourg-Châtel (côté aval) où la mollasse lui offrirait des appuis latéraux solides; 2° qu'un canal traversant en tunnel le plateau de Clarafond, mené en ligne droite de Bourg-Châtel à Bovinens pour déboucher dans la vallée des Usses en aval du Pont-Rouge, passerait à l'ouest de l'ancien thalweg remblayé en matériaux meubles et aurait, par contre, toutes les chances de rester dans la mollasse à faible profondeur.

GÉOLOGIE. — *Extension de l'Aquitanien continental au Maroc.* Note (²) de M. J. Savornin, transmise par M. Ch. Depéret.

L'an dernier, j'ai signalé la découverte de formations continentales d'âge aquitanien, identiques à celles de l'Algérie centrale, à Imi n'Tanout entre Agadir et Marrakech (³). J'indiquais leur situation stratigraphique et

(¹) W. Kilian, *La profondeur des thalwegs rocheux des vallées du Sud-Est de la France* (*C. R. somm. des Séances de la Société géologique de France*, 2 mai 1921, p. 127).

(²) Séance du 11 juillet 1921.

(³) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 807.

tectonique et concluais à leur continuité originelle probable avec la région du Tadla, où les indications données par le Dr Russo permettaient d'affirmer l'existence des mêmes formations.

Un voyage d'études hydrologiques et minières m'a récemment permis de constater l'extraordinaire développement des alluvions rouges, à faciès si caractéristique, dans toute la région de Marrakech et presque jusqu'aux portes de la capitale du Sud.

L'affleurement d'Imi n'Tanout ne dépasse pas sensiblement à l'Ouest la Zaouia de Sidi Abd el Moumen, où il déborde faiblement le bassin éocène phosphaté (1). Il donne lieu en cette région à de curieux *gour* rappelant ceux du Sahara. Je n'ai pu indiquer, l'an dernier, avec certitude, sa continuité vers l'Est, toujours au pied du Grand Atlas. Or, toutes les vallées issues de la haute montagne le traversent sur une étendue plus ou moins considérable, avant de s'étaler définitivement dans la vaste plaine quaternaire dont les terrasses se distinguent d'ailleurs aisément de l'alluvion oligocène. Les oueds Amesnaz, Imi n'Tanout, Kahira, Sidi Rehal; l'acif el Melh'; les ravins encadrant le Djebel Tisguine; les oueds Amismiz et Nfis; l'oued Rheraïa (O. Mouley Brahim en aval); l'oued Issil qui baigne les murs de Marrakech; l'oued Ourika; les diverses branches de l'oued el Hadjar (y compris, sans doute, l'Imi n'Zat); et vraisemblablement aussi l'oued Rdât que je n'ai pu atteindre; tous, à leur débouché de l'Atlas, coulent dans les alluvions aquitaniennes plus ou moins inclinées. La largeur de leur traversée peut y atteindre 35^{km} de développement : c'est le cas de l'oued Amismiz-Nfis.

La plus grande surface continue, où l'on observe ces formations rougeâtres, est entre l'Acif el Melh' et l'oued Rheraïa. Elle représente un trapèze ayant sa grande base au bord de la plaine d'alluvions récentes, qui laisse parfois apparaître le substratum schisteux primaire, le long de la piste de Marrakech à Agadir par Imi n'Tarrout. La longueur de ce côté atteint 45^{km}. La petite base (30^{km}, du Tleta d'Amismiz au Tleta de Tanaout) est excavée par le promontoire du plateau de Kik-Djebel Sektana (2). La hauteur du trapèze mesurerait aussi 30^{km}, comptés depuis la gorge de l'oued Nfis au pied de l'Atlas, sur une ligne allant au Nord-Ouest.

(1) *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 231.

(2) Les schistes et calcaires paléozoïques de Sektana sont mis à nu, sous leur couverture oligocène, par l'oued Nfis entre Lalla Takerkoust et Agadir ech Chems. Le synclinal phosphaté d'Imi n' Tanout-Amismiz est donc largement débordé au Nord et à l'Est par l'alluvion aquitanienne qui l'a comblé.

On voit d'ailleurs l'Oligocène jusqu'aux abords immédiats de Marrakech : les puits situés à l'ouest du méridien du Gueliz traversent 3^m à 6^m de Quaternaire superficiel et s'enfoncent de 3^m à 6^m dans les alluvions aquitaniennes (leur profondeur totale varie de 9^m à 11^m).

Certaines vallées ont eu leurs hauts niveaux à la surface de l'Aquitanien, où elles ont étalé de vastes cônes de déjection. C'est le cas pour l'oued Amismiz et pour l'oued Rheraïa. Les basses plaines communes, correspondant à la vallée collectrice du Tensift, sont au contraire dominées par les collines rougeâtres. Il en résulte une curieuse disposition de bassins quaternaires étagés. Pour passer du bassin supérieur à l'inférieur, les rivières ont creusé dans l'Oligocène des gorges étroites. Citons, à ce point de vue, l'oued Nfis, en aval d'Agadir ech Chems, et l'oued Mouley Brahim, en aval de Tameslouht.

Les cartes géologiques existantes ont figuré ces formations détritiques en partie sous la teinte du Quaternaire, en partie sous celle du Crétacé et même du Trias. La constitution lithologique des dépôts dont les éléments sont empruntés à toutes les roches antérieures aisément reconnaissables, jusques et y compris les silex calcédoniens lutétiens; leurs relations stratigraphiques constamment nettes, de même que leur allure et leur faciès, ne permettent cependant pas de les situer ailleurs que directement au-dessus de l'Éocène moyen, qu'ils ravinent plus ou moins. A l'ouest de Tanaout, ce ravinement a permis à l'Aquitanien fluviatile rougeâtre de surmonter directement le Crétacé inférieur laguno-marin, rouge aussi, mais d'une autre constitution. Au flanc du Djebel Sektana, l'Aquitanien arrive même au contact des schistes carbonifériens. On pourrait multiplier les exemples de la variété de ses superpositions à la bordure du Grand Atlas. J'en ai dressé une carte détaillée pour le futur Service géologique de Rabat.

Notons que la topographie du « pays des Gour », traversé par l'oued Nfis est remarquablement rendue sur la carte au $\frac{1}{200000}$ (feuille Marrakech-sud).

Il est donc bien établi que le Haut Atlas de Marrakech, dès la fin du Nummulitique, était déjà un puissant relief dont l'émersion est demeurée définitive. C'est une *chaîne pyrénéenne de premier ordre* et l'on n'y voit aucun caractère alpin. Sur un espace de 300^{km}, entre Sidi-Abd-el-Moumen et Kasba Tadla, ses débris se sont accumulés à son pied, pour combler partiellement la grande dépression tectonique qui s'y était creusée. La largeur de cette dépression est souvent supérieure à la largeur de la chaîne.

BOTANIQUE. — *Sur les causes de l'orientation inverse de la racine et de la tige.* Note de M. **H. Ricôme**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nous avons attribué l'opposition entre la racine et la tige, dans leur réaction aux facteurs extérieurs et notamment à la pesanteur, à leur mode de dévelopement : l'action porte dans le premier organe sur des cellules en voie de division, dans le second sur des cellules en voie d'élongation. Nous avons aussi attiré l'attention sur l'importance de la quantité d'eau disponible. L'expérience suivante confirme nos inductions antérieures.

Nous nous sommes proposé d'accroître artificiellement l'importance de la région des cloisonnements dans la tige, autrement dit de réaliser des conditions telles que la multiplication cellulaire se poursuive sur une plus grande longueur de la tige, au lieu de se localiser dans l'extrême sommet de l'organe. Ce résultat a été obtenu sur des Fèves cultivées dans une salle éclairée par une vive lumière diffuse, de façon à s'écarter moins qu'à l'obscurité des conditions naturelles.

La tige n'est pas rigoureusement verticale, mais quelque peu inclinée vers la fenêtre. Les plantes sont comme étiolées : les pétioles et les entre-nœuds sont allongés et de couleur jaunâtre ; les folioles sont de faibles dimensions, mais franchement vertes.

Dans ces conditions, l'extrémité de la tige est incurvée vers le bas, obliquement ou verticalement; la feuille la moins jeune du bourgeon terminal est dirigée vers le sol. Cet état, qu'on observe normalement à la germination, se maintient ici durant des semaines et dure encore au moment où la tige dépasse 50^{cm}, au moment où la quatrième feuille bifoliolée est développée (la sixième feuille épicotylédonaire).

La tige devient verticale ascendante par un redressement qui se produit à quelques millimètres du sommet, là où l'élongation peut être constatée par l'écartement des tours de la spiricule des trachées. C'est par déroulement de la courbe terminale que s'effectue l'érection de la tige, et par correction de l'effet produit sur les divisions cellulaires par l'effet produit sur l'élongation. Nous retrouvons ici, sous une autre forme, le phénomène que nous avons appelé *décurvation* dans un Mémoire à l'impression. Le redressement commence par l'entre-nœud et se propage sur le pétiole foliaire jusqu'à ce que la feuille se trouve dressée verticalement.

La décurvation redresse donc tige et feuille au moment de l'élongation : l'entre-nœud devient rectiligne. Le développement de la feuille produit une

perturbation momentanée dans le régime d'hydratation du bourgeon. Le bourgeon se redresse, puis s'incurve, en sens inverse, vers la feuille. L'extrémité de la tige redevient courbe et demeure pendante durant le développement du nouvel entre-nœud jusqu'à ce que la décurvation atteigne le nœud suivant, et ainsi de suite. L'incurvation a donc lieu alternativement à droite et à gauche (les feuilles sont sur deux rangs). On ne peut attribuer à l'influence de la feuille l'incurvation vers le bas, puisque la racine, sans feuilles, s'incurve ainsi. La feuille provoque seulement une légère inflexion qui fixe le sens où s'effectuera la courbure géotropique.

De ces faits, comme des faits déjà décrits par nous, on peut conclure : 1° que la pesanteur agit sur les massifs cellulaires en état de cloisonnement de façon à orienter vers le bas la croissance longitudinale, aussi bien dans la tige que dans la racine; 2° que l'orientation ascendante de la tige est due à l'importance de l'élongation qui grâce à la pesanteur corrige l'effet de la pesanteur sur le méristème primaire; 3° que le développement des feuilles (par la sortie de faisceaux et par l'accroissement de la transpiration) altère périodiquement l'effet de la pesanteur.

Dans l'expérience décrite, l'effet de la pesanteur sur l'extrémité de la tige est masqué périodiquement par le développement d'une feuille. En général, il est masqué constamment par le développement continu de nouvelles feuilles dont les insertions sur la région méristématique se touchent. Le sommet de la tige manifeste ici un géotropisme vertical *descendant* tant que l'élongation n'intervient pas. Seule la présence de feuilles jeunes et serrées l'empêche de se manifester à l'état normal.

La dissociation naturelle du bourgeon par l'étiolement permet la manifestation d'une incurvation que nos expériences antérieures laissaient prévoir, mais qui restait à mettre en évidence. Par là se trouve, semble-t-il, réfutée la principale objection à l'explication que nous donnons de l'orientation inverse de la racine et de la tige.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'existence d'anthocyanidines à l'état libre dans les fruits de* Ruscus aculeatus *et de* Solanum Dulcamara. Note de M. **St. Jonesco**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les recherches de M. Willstätter sur les nombreuses anthocyanes ont démontré que ces diverses substances ont, en principe, la même constitution chimique; elles sont des monoglucosides ou des diglucosides, dérivés

du β-phénylbenzo-γ-pyrylium, qui diffèrent entre eux par le nombre et la position de divers groupements d'hydroxyles et de méthyles se trouvant dans leur molécule. Cet auteur a distingué deux sortes de corps dans l'ensemble de ces anthocyanes; il a donné aux glucosides le nom d'*anthocyanines* et aux composants colorés dépourvus de sucre le nom d'*anthocyanidines*. On peut citer comme exemples : la formule chimique de constitution de la *cyanidine*, qui est l'anthocyanidine du Bleuet, et celle de l'*œnidine* qui est l'anthocyanidine de la Vigne, les deux sous forme de chlorure; la première ne contient pas de méthyle, la seconde en possède.

(1). Chlorure de cyanidine. (2). Chlorure d'œnidine.

Les anthocyanines et les anthocyanidines sont, en général, rouges dans leurs combinaisons avec les acides végétaux ou minéraux, violettes dans les solutions neutres, et bleues dans les solutions alcalines. Dans ce dernier cas le pigment existe sous forme d'un sel alcalin d'oxonium.

Pour pouvoir distinguer les anthocyanines des anthocyanidines, il est nécessaire de rappeler quelques propriétés qui caractérisent ces deux types de substances.

1° Les anthocyanines s'hydrolysent très facilement si on les fait bouillir avec un acide minéral étendu. Elles se scindent, par cette action, en un sucre et une anthocyanidine qui forme le pigment coloré.

2° Les anthocyanines diglucosidiques, si elles ne contiennent pas de rhamnose, sont très difficilement solubles dans l'alcool amylique, tandis que les anthocyanidines s'y dissolvent très aisément. Quand on a obtenu une anthocyanine en solution dans l'alcool amylique, si l'on traite la liqueur par de l'eau ou par un acide dilué, l'anthocyanine passe dans l'eau ou dans la solution acide, et l'alcool amylique devient incolore.

C'est cette propriété de séparation des anthocyanines et des anthocyanidines qui a servi de base à M. Willstätter dans ses travaux. Ce chimiste est arrivé à cette conclusion qu'anthocyanines et anthocyanidines peuvent coexister à l'état libre dans les plantes. S'il a réussi très facilement à mettre

en évidence la présence libre des anthocyanines dans les organes colorés des plantes, le résultat n'a pas été aussi favorable avec les anthocyanidines; car au cours de nombreuses recherches faites sur des organes divers (fleurs, fruits, etc., de différentes espèces), il n'est arrivé à trouver d'anthocyanidines à l'état libre que dans les fruits de la Vigne, et seulement chez certaines sortes de raisins. La présence de cette anthocyanidine a été mise en évidence par lui comme pigment coloré.

Malgré la grande rareté des anthocyanidines à l'état libre dans les organes colorés, j'ai cherché à savoir s'il n'en existerait pas dans les fruits autres que ceux étudiés par M. Willstätter. J'ai expérimenté sur les baies de Petit-Houx (*Ruscus aculeatus*) et de Douce-amère (*Solanum Dulcamara*). Ces fruits ont été cueillis dans la première moitié du mois de juillet; j'ai choisi comme objet d'étude ceux qui présentent une teinte d'un rouge pâle, ce qui indique qu'ils sont incomplètement mûrs. Je n'ai laissé dans les fruits de *Ruscus* que la partie charnue et l'épiderme, après avoir enlevé les graines, tandis que dans les fruits de *Solanum*, dont les graines sont très petites, j'ai opéré avec les fruits tout entiers. J'ai pesé 20^g de substance fraîche ainsi préparée, et cette substance a été broyée dans un mortier avec 80^g de sable siliceux et 100^{cm^3} d'une solution étendue d'acide sulfurique (7 pour 100). Pendant la trituration, j'ai ajouté du talc en poudre et un peu d'alcool. Le talc a la propriété de faciliter le filtrage. Si la quantité de talc n'est pas suffisante, le filtrage se fait très difficilement, et le sable finement broyé traverse le filtre. Après le complet broyage de la substance fraîche, j'ai filtré en faisant le vide avec une trompe. De cette façon, j'ai préparé des extraits acides de fruits de *Ruscus* et de *Solanum Dulcamara*, dans lesquels j'ai recherché les anthocyanidines. L'extrait acide de fruits de *Ruscus* avait une couleur rouge et celui de *Solanum* une couleur plutôt rosée.

En agitant dans un tube à essais une certaine quantité d'extrait acide de fruits avec de l'alcool amylique, et laissant la solution quelque temps en repos pour que la couche amylique se sépare complètement de l'eau sulfurique, on constate que la couche amylique prend une coloration d'un rouge violacé assez intense, qui se conserve quand on la lave à l'eau sulfurique. Après trois lavages, la couche d'eau sulfurique reste parfaitement incolore, tandis que la couche amylique est colorée en rouge violacé. Par conséquent, une partie du pigment de l'extrait est passée dans l'alcool amylique. Ce pigment jouit de la même propriété de solubilité que les anthocyanidines de M. Willstätter obtenues par hydrolyse. D'après ses autres propriétés, comme nous allons le voir, le pigment qui colore l'alcool amylique est réellement

constitué par des anthocyanidines. Je n'entre pas dans le détail des opérations nécessaires pour obtenir intégralement le pigment, mais je dois signaler les diverses autres réactions démontrant la nature chimique exacte des produits obtenus.

J'ai hydrolysé l'extrait acide, et j'ai obtenu de la sorte une autre quantité d'anthocyanidines qui m'a servi à l'identification. Les anthocyanidines trouvées à l'état libre aussi bien que celles obtenues par l'hydrolyse de l'extrait acide possèdent, outre la propriété de passer dans l'alcool amylique, les caractères suivants :

1° Les unes et les autres, quand elles sont lavées avec une solution de soude diluée, y produisent une coloration jaune verdâtre, la couche amylique restant incolore. Si l'on ajoute alors de l'acide chlorhydrique pour neutraliser la soude, les anthocyanidines repassent dans l'alcool amylique en lui rendant la coloration initiale ;

2° Les unes et les autres, lavées par CO^3Ca, présentent une coloration violette qui disparaît au bout d'un certain temps, de 12 à 24 heures, mais qui reparaît si l'on chauffe la solution avec un peu d'acide chlorhydrique ;

3° Les deux anthocyanidines, lavées avec de l'acétate de sodium, changent de couleur en virant vers le violet.

Par conséquent, *le pigment rouge violacé qui passe dans l'alcool amylique est constitué par des anthocyanidines qui existent à l'état libre dans les fruits de* Ruscus aculeatus *et de* Solanum Dulcamara. *Ces anthocyanidines se trouvent simultanément à côté des anthocyanines dans l'ensemble du pigment rouge qui donne la coloration des fruits.*

L'existence démontrée de ces substances dans les fruits cités ci-dessus, m'a donné l'idée de chercher si l'on en trouve aussi dans d'autres organes que les fruits. Je signale ici qu'il en existe également dans les fleurs et les feuilles rouges de quelques plantes. La présence des anthocyanidines à l'état libre dans les fleurs et les feuilles rouges présente un intérêt physiologique particulier. Je poursuis l'étude de cette question.

EMBRYOGÉNIE. — *Les gonophores femelles de* Tubularia mesembryanthemum *Allm.* Note de M. **Paul Benoit**, présentée par M. Henneguy.

Il y a lieu de considérer chez *Tubularia mesembryanthemum* deux sortes de gonophores femelles : les grands et les petits, bien qu'il y ait des gonophores intermédiaires.

Petits gonophores. — Un petit gonophore femelle jeune de *Tubularia mesembryanthemum* est d'abord rempli d'ovogonies qui se transforment ensuite en ovocytes. Un de ces ovocytes, privilégié, grandit, devient plus clair et la chromatine de son noyau se résout en fines granulations. Il deviendra l'ovule futur. Comme l'a vu Doflein, sa croissance se fait par addition des ovocytes voisins. Dépourvu de membrane, il prend une forme amæboïde et, par ses grands pseudopodes, s'insinue entre les ovocytes restants qu'il englobe. Le cytoplasme de l'œuf correspond donc à la totalité des cytoplasmes des ovocytes. Il y a très peu de deutoplasme. Les noyaux des ovocytes englobés constituent les pseudocellules (Pseudozellen de Kleinenberg et de Ciamician).

Ces noyaux ont leur chromatine condensée en une seule boule très colorable, comme dans la pycnose, bien qu'il n'y ait pas dégénérescence. L'ovule mûr sera fécondé normalement et se segmentera. Par le même processus se produit un deuxième ovule, puis un troisième, de sorte qu'à un stade plus avancé le gonophore nous montrera un embryon au stade actinula, un autre au stade planula et un ovule en développement. Pour les trois œufs de ce gonophore, la segmentation est totale.

Grands gonophores. — Dans un grand gonophore femelle, les nombreux ovocytes donnent naissance à un ovule géant, où se produisent des incisures, qui en s'approfondissant découpent l'ovule primordial en trois ou quatre ovules secondaires. Ceux-ci deviendront mûrs, seront fécondés et donneront naissance à des embryons normaux. Ainsi, à l'inverse du cas précédent, nous trouverons dans ces grands gonophores trois ou quatre embryons à des stades semblables.

Lorsque les ovules secondaires sont complètement formés, nous voyons dans le cytoplasme de chacun d'eux quatre, cinq, six noyaux ou plus qui ne sont pas autre chose que des pseudocellules dont on suit toute l'évolution. L'œuf n'est donc pas une cellule, ou du moins c'est une cellule polyénergide. Et en effet, à un stade plus avancé, chacun de ces noyaux va subir la réduction chromatique.

Dans chaque œuf il y aura autant de mitoses de réduction que de noyaux. Une de ces mitoses sera la mitose classique avec fuseau à la périphérie, centrosomes et asters bien visibles, chromosomes bien séparés et à nombre réduit de moitié. Les autres mitoses seront soit à la périphérie, soit dans l'intérieur même de l'œuf. Dans ces mitoses de réduction des noyaux provenant des pseudocellules, la chromatine est concentrée en masses comme dans des mitoses dégénératives.

La fécondation se produit après l'expulsion totale des globules polaires. Les différents noyaux contenus dans l'œuf peuvent être fécondés : ce sont des pronuclei. Plusieurs pronuclei femelles s'accolent et se fusionnent en un pronucleus femelle polyénergide. D'autres restent séparés, constituant des pronuclei femelles monoénergides.

Les spermatozoïdes pénètrent isolément en différents points, mais en un certain point plusieurs spermatozoïdes (4 à 6) pénètrent à la suite l'un de l'autre; perdant leur queue ils exécutent la demi-rotation qui tourne la base de leur tête vers le centre de l'œuf et leur centrosome forme un magnifique aster. Ces têtes de spermatozoïdes deviennent des pronuclei qui s'appliquent l'un contre l'autre, et constituent, en s'unissant, un gros pronucleus mâle avec asters multiples. Ils sont formés de filaments moniliformes très chromatiques, tandis que les pronuclei femelles sont remplis de grains achromatiques possédant simplement sept ou huit petits karyosomes.

Ce faisceau de pronuclei émigre vers le pronucleus femelle polyénergide, contre lequel il s'applique et donne ainsi un synkaryon polyénergide. Pendant ce temps, les pronuclei femelles monoénergides sont fécondés chacun par un spermatozoïde, donnant ainsi plusieurs synkaryons monoénergides. Dans le même œuf il y a donc plusieurs noyaux de conjugaison dont une polyénergide. Quelquefois le synkarion polyénergide existe seul.

La fécondation opérée, les noyaux de l'œuf entrent en mitose. Le noyau polyénergide donne une mitose multipolaire avec 6 ou 8 asters et un nombre de chromosomes très grand. Les noyaux monoénergides donneront des mitoses bipolaires régulières. Les noyaux-filles de ces diverses mitoses se redivisent, alors que le cytoplasme reste indivis. Et c'est seulement lorsqu'ils sont nombreux et qu'ils ont gagné la périphérie, pour constituer le blastoderme, qu'apparaît la segmentation cytoplasmique, le centre de l'œuf restant indivis. On suit très bien, à ce moment, les stades de transformation en noyaux des blastomères de certaines pseudocellules qui ne s'étaient pas transformées en pronuclei. Il reste encore d'autres pseudocellules sur lesquelles nous reviendrons plus tard. Les stades ultérieurs du développement paraissent normaux.

Trois faits principaux se dégagent de ces recherches :

1° Des pseudocellules que l'on croyait vouées à la dégénérescence, les unes deviennent des pronuclei comme le noyau de l'ovule, et d'autres deviennent des noyaux de l'embryon ;

2° Tout ovule géant se découpe, avant la fécondation, en plusieurs ovules secondaires qui, après fécondation, donnent chacun un embryon. C'est une polyembryonie très spéciale;

3° Les embryons dérivés d'œufs géants sont polyspermiques. La monospermie n'est donc pas indispensable pour que le développement puisse se poursuivre jusqu'au bout. Les faits connus jusqu'ici parlaient en sens contraire, comme l'a montré Brachet.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur l'existence d'un dualisme nerveux transitoire au début de la liaison neuro-musculaire chez les Sélaciens.* Note de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Henneguy.

J'ai montré précédemment (¹) que les embryons de *Scylliorhinus canicula* L. Gill présentent, au cours des stades G, H, I de Balfour, une contraction aneurale rythmée des deux bandes myotomiques latérales, chacune de celles-ci fonctionnant d'une manière indépendante et possédant un rythme propre. Dans la seconde moitié du stade I des altérations intermittentes du rythme surviennent, sans cause externe, *en milieu constant;* elles n'affectent le plus souvent qu'une seule des chaînes myotomiques et, tandis qu'elles se produisent, l'autre chaîne myotomique ne manifeste aucun changement dans la périodicité régulière de ses contractions; quand, par occasion, les deux rythmes sont modifiés en même temps, ils le sont d'une manière différente. Ces constatations prouvent qu'au début de la liaison neuro-musculaire, comme au temps de la contraction aneurale, les deux fonctionnements latéraux sont indépendants l'un de l'autre.

Au cours de recherches antérieures, j'ai signalé la grande instabilité des rythmes à la fin du stade I, mais à défaut de précautions suffisantes pour éviter l'élévation de température, je n'avais pu conclure à l'origine interne des troubles observés. Grâce à la réalisation d'un milieu constant pour l'élevage et l'examen des embryons, je suis en mesure aujourd'hui de préciser l'époque et le mode d'apparition de la fonction nerveuse.

Les altérations du rythme musculaire commencent dès le milieu du stade I et s'accentuent jusqu'au stade K; le stade I durant 2 jours à 18° C., la période où les centres nerveux manifestent une activité séparée pour chaque moitié du tube neural est donc de 24 heures à cette température. Les modifications unilatérales du mouvement se poursuivent au delà du stade I, mais alors elles ne sont plus isolées et changent de caractère. Ainsi, au stade K, leur réalisation à point donné et au degré voulu a pour effet de

(¹) *La contraction rythmée aneurale des myotomes chez les embryons de Sélaciens* (*Arch. Zool. exp.*, t. 60, fasc. 4, 1920, p. 222-459, pl. 7, 39 figures, texte).

rendre plus fréquente l'une des combinaisons des deux mouvements latéraux, le balancement égal, dont la prolongation inusitée marque le début de la coordination entre les deux côtés.

La phase de dualisme nerveux n'est pas caractérisée seulement par des modifications isolées de chaque rythme musculaire, mais encore par le fait que ces modifications, qui surviennent par périodes, varient de sens et d'intensité suivant les périodes; en examinant les manifestations différentes d'accélération et de retard des mouvements, on ne distingue pas à la place du rythme ancien l'ébauche d'un ordonnancement nouveau des contractions et l'on constate d'autre part de véritables crises d'arythmie unilatérale. La succession des changements n'est donc soumise à aucune règle et paraît fantaisiste.

Il est curieux de constater que la fonction nerveuse, tout entière de coordination chez l'adulte, s'annonce chez l'embryon par des manifestations unilatérales et désordonnées.

Il importe encore de remarquer que pendant la phase du dualisme nerveux, comme au cours de toute la période de transition où s'effectue le remplacement du mouvement aneural par le mouvement d'origine nerveuse, les deux fonctions musculaire et nerveuse ne se combinent pas et restent étrangères l'une à l'autre; la seconde ne résulte pas d'une évolution, d'un remaniement de la première; au contraire, il existe entre elles une opposition complète.

L'action nerveuse, d'abord fugace et intermittente, réduit à néant, tant qu'elle dure, les manifestations d'ordre aneural; elle finit, en devenant persistante, par annihiler totalement l'action musculaire autonome; mais, dans les intervalles où l'influx nerveux cesse, le mouvement aneural reparaît intact et même après sa disparition physiologique, en pleine période nerveuse, l'ablation médullaire le fait paraître à nouveau (automatisme latent) sans aucune modification. Les deux processus qui, à des époques différentes du développement, provoquent les contractions des myotomes, n'ont donc entre eux d'autre rapport que l'objet même sur lequel leur influence s'exerce et, dans les faits observés, rien ne permet d'interpréter le mouvement musculaire aneural comme une première étape conduisant au mouvement nerveux.

Les altérations unilatérales des rythmes musculaires, qui révèlent le début de l'action nerveuse, se montrent généralement par périodes brèves. Elles augmentent de fréquence et d'intensité au fur et à mesure que le développement progresse. Elles n'ont pas le même caractère chez tous les animaux

et varient d'importance et de sens chez le même embryon suivant les périodes où elles se produisent. Les changements de rythme sont brusques et imprévus; ils atteignent presque immédiatement leur apogée, s'y maintiennent un temps variable (souvent quelques minutes), puis s'atténuent progressivement et parfois lentement. On peut les classer en deux groupes d'après leur degré, suivant qu'ils permettent ou non de suivre, dans ses modifications, la série des attitudes qui composent le cycle des combinaisons motrices bilatérales (balancement égal, boiterie, conjonction, boiterie inverse) :

1° Les troubles légers, fréquemment renouvelés, changent, en plus ou en moins, la vitesse d'un rythme et bouleversent la succession régulière des attitudes, réglée, au cours du fonctionnement aneural, par la constance du même écart entre les temps des rythmes opposés; en diminuant cet écart ils augmentent le nombre des combinaisons d'un même cycle; en le grandissant ils réduisent le cycle à quelques attitudes; si la révolution la plus longue est rendue la plus courte, ou *vice versa*, le sens dans lequel les attitudes se déroulent est inversé. Il est rare que l'instabilité des deux rythmes soit assez grande pour empêcher de saisir le côté et le sens de la variation.

2° Les troubles graves surviennent par crises au cours desquelles l'allure de l'altération rythmique conserve en général la même orientation. Ces crises, impressionnantes et démonstratives, ne s'observent pas chez tous les embryons. Espacées d'abord de quelques heures, elles peuvent à la fin du stade I se répéter toutes les 5 à 10 minutes. C'est par la numération des mouvements en un temps donné qu'on apprécie l'importance des changements. La vitesse de reproduction des mouvements peut être doublée; d'autre part elle est souvent diminuée de moitié et l'on observe parfois l'arrêt complet et durable (4 minutes) d'un battement. Au maximum des altérations pendant une crise, surtout en cas d'accélération, le rythme disparaît souvent; il peut survenir un véritable affolement des contractions pendant lequel les mouvements d'allure désordonnée présentent une ampleur variable.

L'analyse des faits mène à cette conclusion qu'au début de la liaison neuro-musculaire chaque moitié du tube neural fonctionne isolément et présente les deux propriétés fondamentales du système nerveux, l'excitation et l'inhibition.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Intervention probable du zinc dans les phénomènes de fécondation chez les animaux vertébrés.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **R. Vladesco**, présentée par M. Roux.

En étudiant la répartition du zinc dans l'organisme du cheval, nous avons trouvé que les testicules étaient, avec les glandes mammaires et les

ganglions lymphatiques, particulièrement riches en métal. Toutefois, les proportions de zinc contenues dans ces organes n'étaient pas constantes et, pour une cause alors tout à fait inconnue, nous les avions vu varier dans le rapport de 1 à 3 ([1]).

Depuis, nous avons observé des faits analogues chez le hareng, mais nous croyons, cette fois, qu'il est possible de rattacher la variation de la teneur en zinc des organes considérés à la périodicité de leur fonctionnement physiologique.

En effet, les testicules du hareng, en période d'activité, au mois de mars, sont plus riches que le reste du corps (squelette et muscles) :

	Eau pour 100.	Zinc pour 100g de matière fraîche.	Zinc pour 100g de matière sèche.
Hareng mâle n° 1 :		mg	mg
Corps	75,7	1,8	7,4
Testicules et laitance	83,4	3,3	20,0
Hareng mâle n° 2 :			
Corps	71,0	4,7	16,2
Testicules	81,4	6,4	34,5

tandis qu'il n'en est plus rien à la fin de la saison, au mois de mai. Chez la femelle, d'autre part, aucune différence ne s'est manifestée entre la teneur du corps et celle des ovaires remplis d'œufs (au mois de mars) :

	Eau pour 100.	Zinc pour 100g de matière fraîche.	Zinc pour 100g de matière sèche.
Hareng mâle n° 3 :		mg	mg
Corps	75,0	4,0	16,2
Testicules et laitance	80,7	1,2	6,0
Viscères et branchies	81,8	1,3	6,9
Hareng femelle :			
Corps	73,1	3,4	12,7
Ovaires et œufs	77,7	2,8	12,4

Nous nous sommes procurés, en outre, un certain nombre d'organes d'origines diverses, faisant partie de l'appareil reproducteur mâle, et nous en avons fait l'analyse. Tous ces organes n'étaient pas dans le même état

([1]) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 744.

physiologique. Ceux du porc, extraits par nous à l'abattoir, étaient en pleine période d'activité. Les testicules de rats provenaient d'une vingtaine d'individus de tous âges rassemblés par la Préfecture de Police. Les organes de mouton et de taureau, extraits comme ceux du porc, n'avaient pas encore atteint leur développement normal. Quant aux organes humains, ils avaient été prélevés sur des individus ayant succombé à des affections diverses. Voici les résultats que nous avons obtenus :

	Eau pour 100.	Zinc pour 100g de matière fraîche.	Zinc pour 100g de matière sèche.
Homme (2 ans; broncho-pneumonie) :		mg	mg
Testicules	75,9	7,6	31,5
Homme (23 ans; péricardite) :			
Testicules	83,8	1,6	16,3
Prostate	80,8	9,4	49,1
Homme (60 ans; tuberculose) :			
Prostate	78,8	11,3	53,1
Porc :			
Testicules	81,4	1,4	7,6
Épididymes	81,3	3,0	16,2
Vésicules séminales	79,7	7,2	35,7
Prostate	75,4	3,8	15,6
Glandes de Cowper	77,2	1,0	4,3
Mouton :			
Testicules	80,6	1,5	7,6
Epididymes	82,1	1,2	6,9
Vésicules séminales	65,6	4,0	11,3
Taureau :			
Testicules	84,5	1,8	12,2
Épididymes	77,7	1,8	9,1
Vésicules séminales	80,1	2,4	12,5
Prostate	78,2	4,1	19,0
Rat gris :			
Testicules	84,8	2,1	14,2
Épididymes	74,4	5,4	21,2

Ces résultats donnent lieu à quelques observations particulières que nous mentionnerons tout d'abord :

Chez l'homme, la prostate est plus riche que les testicules; sa teneur en zinc dépasse celle de tous les autres organes du corps analysés jusqu'ici.

Chez le taureau, la prostate est aussi plus riche que les testicules; elle est, en même temps, plus riche que les autres parties de l'appareil reproducteur, circonstance que nous n'avons pas encore eu la possibilité d'examiner chez l'homme.

Chez le porc, ce n'est pas la prostate, relativement petite, qui est la partie la plus riche en zinc de l'appareil génital mâle; ce sont les vésicules séminales, très développées, de structure nettement glandulaire, et que l'on rapproche parfois de la prostate sous le nom de *prostates latérales*.

Enfin, en poursuivant nos expériences, nous avons constaté que le sperme éjaculé, mélange des sécrétions de toutes les glandes de l'appareil reproducteur, renferme une proportion de zinc tout à fait remarquable, atteignant jusqu'à 2g par kilogramme de matière sèche :

	Eau pour 100.	Zinc pour 100g de matière fraîche.	sèche.
		mg	mg
Cheval	97,2	1,3	48,6
Homme nº 1	90,7	5,3	57,2
» nº 2	90,3	15,2	155,2
» nº 3	89,1	22,0	202,0

Après toutes ces observations et celles que nous avons déjà publiées [1], il nous semble permis de supposer que le zinc joue un rôle important et très général dans l'organisme des animaux vertébrés : il doit intervenir dans la fonction de reproduction et, si l'on tient compte de sa mobilité, sans doute aussi dans les processus de régulation et de sécrétion interne.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action du bacille pyocyanique sur l'asparagine.* Note de M. E. **Aubel**, transmise par M. Charles Richet.

Il y a longtemps que les chimistes se sont préoccupé de déterminer la nature des acides produits par la putréfaction de l'asparagine. Nous avons cru intéressant de reprendre la question avec le bacille pyocyanique, bacille voisin du bacille fluorescent.

Technique. — Le milieu avait la composition suivante : asparagine 5g, sulfate de manganèse 1g, phosphate monopotassique 1g, eau 1000g; et les cultures étaient faites

(1) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 744; t. **172**, 1921, p. 768; t. **173**, 1921, p. 54.

à 37°. Au bout de trois semaines d'étuve, on filtrait le liquide et on le divisait en deux portions A et B.

Portion A (acides fixes). — Après acidification par HCl, et distillation dans le vide, le résidu solide, mélangé à du sable, est extrait au Soxhlet, et l'extrait éthéré évaporé, traité par la technique de Mestrezat [1].

Portion B (acides volatils). — Le liquide saturé par un lait de chaux est distillé au $\frac{1}{3}$. Le résidu refroidi additionné d'acide oxalique est filtré. Sur une partie du filtrat on détermine la nature des acides volatils par la méthode de Duclaux; l'autre partie est distillée sous pression réduite, et dans le distillat, après recherche de l'acide formique et destruction de cet acide, s'il existe, on procède à l'isolement à l'état de sels d'argent des acides volatils.

Nous avons ainsi pu mettre en évidence les acides malique, fumarique, propionique et formique.

Dégradation de l'asparagine. — La présence côte à côte de l'acide malique et de l'acide fumarique confirme l'hypothèse de Blanchetière [2] suivant laquelle l'acide oxalacétique, lui-même dérivé de l'hydrate d'imino-acide, premier stade de dégradation de l'acide aminé (Knoop, Neubauer) peut se trouver dans les cultures à la fois sous sa forme œnolique qui doit conduire par réduction à l'acide fumarique, et cétonique qui par le même processus doit conduire à l'acide malique. La fixation de 2 atomes d'hydrogène sur l'acide fumarique, la fixation d'hydrogène sur l'acide malique, avec élimination d'eau, conduiraient à l'acide succinique. Cet acide, produit normal de la décomposition de l'asparagine par les bactéries, nous ne l'avons pas rencontré; une telle constatation toutefois ne suffit pas pour qu'on rejette l'hypothèse de la formation d'acide succinique par le microbe. Il est vraisemblable que ce corps existe d'une façon transitoire dans les cultures; nous avons donné au B. pyocyanique du succinate de NH^3 comme aliment azoté et nous avons isolé de l'acide propionique (déterminé à l'état de sels d'argent) de l'acide formique, acides volatils rencontrés également dans les cultures sur asparagine. Le passage de l'acide succinique à l'acide propionique s'explique par une simple décarboxylation.

Quant à l'acide formique, son origine reste obscure. Elle doit être vraisemblablement cherchée dans la transformation de l'acide malique en semi-aldéhyde malonique :

$$COOH - CH^2 - CHOH - COOH \rightarrow H.COOH + COOH - CH^2 - COH.$$

(1) MESTREZAT, *Dosage de l'acide malique et de quelques acides fixes dans le jus des fruits fermentés ou non* (*Comptes rendus*, t. 143, 1906, p. 185).

(2) BLANCHETIÈRE, *Action du bacille fluorescent de Flügge sur l'asparagine en milieu chimiquement défini* (II) (*Ann. Inst. Past.*, t. 34, 1920, p. 392).

Cette semi-aldéhyde malonique a été admise par Dakin ([1]) comme un des produits résultant de l'attaque de l'asparagine par l'eau oxygénée, nous ne l'avons pas rencontré dans nos cultures, mais Blanchetière a pu isoler l'acide malonique à l'état de traces dans des cultures de *B. fluorescens* sur asparagine.

BACTÉRIOLOGIE. — *Disparition des germes pathogènes au cours de l'épuration des eaux d'égout par les boues activées.* Note ([2]) de MM. **Paul Courmont**, **A. Rochaix** et **F. Laupin**, présentée par M. Widal.

I. *Bacilles groupe typhique-paratyphique. Technique.* — Trois séries de ballons sont mises en expérience chaque fois. Dans chaque série, le premier ballon soumis à l'aération reçoit de l'eau d'égout brute, mélangée ou non, avec la boue activée; le deuxième ballon n'est pas aéré et il reçoit de l'eau d'égout brute ou un mélange d'eau d'égout et de boue activée; enfin, le troisième ballon, soumis à l'aération, reçoit de l'eau d'égout stérilisée, ou un mélange stérilisé d'eau d'égout et de boue activée.

Chaque ballon (1^l) reçoit $0^{cm^3},5$ de culture de 24 heures en bouillon de B. d'Eberth pour la première série; de B. paratyphiques A pour la deuxième série; de B. paratyphiques B pour la troisième série.

Des prélèvements sont effectués périodiquement dans chaque ballon jusqu'à disparition des pathogènes.

1° *Disparition des bacilles typhiques et paratyphiques dans l'eau d'égout, en dehors de la présence des boues activées* [Tableau A ([3])].

([1]) Dakin, *Note of the oxydation of glutamic and aspartic acides by means of hydrogen peroxyd* (*Journ. of Biol. Chim.*, t. 5, 1908-1909, p. 409).

([2]) Séance du 11 juillet 1921.

([3]) T signifie B. typhiques; A, B. paratyphiques A; B, B. paratyphiques B. Les signes + et — indiquent que la recherche a été positive ou négative.

TABLEAU A.

	24 heures.			48 heures.			3 jours.			4 jours.			5 jours.		
Expér.	T.	A.	B.	T.	A.	B.	T.	A.	B.	T.	A.	B.	T.	A.	B.
					Ballon n° 1 (Sewage brut aéré).										
1.....	−	−	−												
2.....	+	+	+	−	−	−									
3.....	+	−	+	−	−	−									
4.....	+	+	+				+	+	+	+	+	+	−	−	−
5.....	−	−	−												
6.....	+	+	+	+	+	+	−	−	−						
					Ballon n° 2 (Sewage brut non aéré).										
1.....	−	−	−												
2.....	+	+	+	−	−	+	−	−	−						
3.....	+	+	+	−	−	−									
4.....	+	+	+				+	−	+	−	+	+	−	−	−
5.....	−	−	−												
6.....	+	+	+	+	+	+	−	−	−						
					Ballon n° 3 (Sewage stérilisé et aéré).										
1 [1]..	+	+	+												
2.....	+	+	+	+	+	+									
3.....	+	+	+	+	+	+									
4.....	+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+
5.....	+	+	+												
6.....	+	+	+	+	+	+	+	+	+						

2° *Disparition des bacilles typhiques et paratyphiques dans l'eau d'égout traitée par le procédé des boues activées.*

TABLEAU B.

	6 heures.			24 heures.			48 heures.			3 jours.			4 jours.		
Expér.	T.	A.	B.	T.	A.	B.	T.	A.	B.	T.	A.	B.	T.	A.	B
					Ballon n° 1 (Mélange Sewage aéré + boue activée).										
1.....	+	+	+	+	+	+	+	+		−	−	−			
2.....	+	+	+	+	+	+	−	−	−						
3.....	−	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−
4.....	+	+	+	−	−	−									

(1) Dans cette expérience, prolongée pendant 40 jours, nous avons pu constater la persistance des bacilles typhiques et paratyphiques au bout de ce laps de temps.

TABLEAU B (*Suite*).

Expér.	6 heures.			24 heures.			48 heures.			3 jours.			4 jours.		
	T.	A.	B.	T.	A.	B.	T.	A.	B.	T.	A.	B.	T.	A.	B.
Ballon n° 2 (Mélange Sewage non aéré + boue activée).															
1.....	+		+	—	—	+	—	—	—						
2.....	+	+	+	+	+	+	—	—	—						
3.....	+	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—
4.....	+	+	+	—	—	—									
Ballon n° 3 (Mélange Sewage stérilisé et aéré + boue activée).															
1.....	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
2.....	+	+	+	+	+	+	+	+							
3.....	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4.....	+	+	+	+	+	+	+	+							

Les bacilles du groupe typhique peuvent donc résister très longtemps dans l'eau d'égout stérilisée ou dans le mélange eau d'égout-boue activée stérilisé.

Au bout de 40 jours, dans une expérience (Tableau A), les bacilles typhiques et paratyphiques étaient présents dans le Sewage stérilisé aéré. Par contre, dans les milieux non stérilisés, la survie de ces bacilles n'a jamais dépassé 4 jours dans l'eau d'égout seule, et 3 jours dans l'eau d'égout mélangée à des boues activées.

II. *Vibrion cholérique.* — Mêmes conditions d'expérience que celles du Tableau B, en employant le vibrion cholérique.

Dans trois expériences, ce microbe avait disparu en 6 heures dans le ballon 1 (mélange Sewage aéré + boue activée), mais aussi dans le ballon 2 (même mélange non aéré), alors qu'il persistait plus de 6 heures et jusqu'à 14 jours (exp. 3) dans le mélange *stérilisé* + boue activée soumis à l'aération.

La disparition du vibrion, se produisant aussi bien dans les liquides au repos que dans ceux soumis à l'aération, ne paraît pas être due à la présence des boues activées.

Conclusions. — 1° Au terme de l'épuration chimique (toujours atteint au bout de 6 heures dans nos expériences) les pathogènes du groupe typhique-paratyphique existaient presque toujours dans l'effluent; le V. cholérique avait disparu.

2° La disparition tardive des B. typhiques et paratyphiques et celle du V. cholérique ne semble pas influencée par l'aération ou la présence des boues activées; elle semble avoir comme facteur essentiel la concurrence vitale des autres germes.

MICROBIOLOGIE. — *Au sujet des boues activées.* Note de M. **F. Diénert**, présentée par M. Roux.

L'égout d'une ville reçoit toutes les eaux industrielles évacuées par les usines. Les eaux que cet ouvrage transporte renferment de nombreuses substances antiseptiques. Nous avons pensé qu'il serait intéressant d'étudier l'action de certains antiseptiques sur les boues activées dont on se sert, en Angleterre et en Amérique, pour épurer les eaux d'égout des villes.

Mélangeons trois parties d'eau d'égout contenant 0,5 pour 100 d'acide phénique à une partie de boues activées et faisons barboter de l'air dans ce mélange. On remarque que l'ammoniac disparaît lentement ainsi que l'acide phénique, mais il ne se forme ni azote nitreux ni azote nitrique.

Si, au lieu de phéniquer l'eau au départ, on introduit l'antiseptique dans le cours de la fermentation nitrique, on arrête celle-ci et l'ammoniac continue à disparaître, mais beaucoup plus lentement sans laisser de traces.

Ensuite ajoutons l'acide phénique à l'eau d'égout complètement débarrassée de son ammoniac par nitrification et introduisons dans cette eau de l'azote nitreux. Ce dernier se transformera en azote nitrique avec la même activité que si l'on n'avait pas ajouté d'acide phénique. Seule la fermentation nitreuse est entravée par cet antiseptique. Elle reprend comme avant lorsque l'acide phénique a disparu par le courant d'air. La fermentation nitrique est insensible à ces faibles doses d'antiseptique.

L'ammoniac qui disparaît du liquide par l'action des boues activées en présence d'acide phénique ne laisse de traces ni dans le liquide, ni dans les boues.

Si nous faisons agir l'acide phénique sur les poudres minérales activées, en particulier sur le bioxyde de manganèse pur du nitrate, nous obtenons les mêmes résultats qu'avec les boues d'eau d'égout activées.

Nous rappellerons que le bioxyde de manganèse activé s'obtient d'abord en mélangeant 100^{g} de MnO^2 avec 10^{mg} à 20^{mg} de boues activées d'eau d'égout, contenues dans 1^{l} d'eau additionnée de 10^{mg} d'AzH^3 et de 5^{g} de craie.

Après un barbotage plus ou moins long, cette poudre arrive à nitrifier 100^{mg} d'AzH^3 par jour. On active ensuite 100 nouveaux grammes de MnO^2 pur avec 1^g de cette poudre minérale activée et ainsi de suite. Les quelques milligrammes de boues activées ayant servi à l'ensemencement se trouvent ainsi fortement dilués après plusieurs activations.

Voici à titre d'exemple comment s'active MnO^2 :

	1er jour.	2e jour.	3e jour.	4e jour.	5e jour.	6e jour.	7e jour.
Quantité d'AzH^3 nitrifiée en 24 heures par 100^g de MnO^2 à partir du jour de l'ensemencement (en milligrammes)...........	5	10	20	25	35	50	100

Si au lieu d'employer le MnO^2 activé on se sert de MnO^2 pur non ensemencé, stérilisé ou non, on peut faire barboter de l'air pendant 15 jours sans obtenir la moindre disparition d'ammoniac.

Ces expériences montrent, sans conteste, que le MnO^2 activé oxyde l'ammoniac sous l'influence d'une action microbienne.

Or le MnO^2 activé est aussi sensible à l'acide phénique de la boue activée d'eau d'égout. Cet antiseptique, qui en réalité n'est qu'un paralysant puisque, disparaissant, la fermentation nitreuse reprend, arrête l'oxydation de l'ammoniac et est sans influence sur l'oxydation de l'azote nitreux.

La seule différence entre l'action de la boue activée sur l'eau d'égout et de MnO^2 activé sur une solution d'AzH^3 c'est que la première fait toujours disparaître plus d'AzH^3 qu'on ne retrouve d'azote nitreux et nitrique dans l'eau épurée, tandis que MnO^2 activé transforme quantitativement AzH^3 en AzO^2H et AzO^3H. Mais l'eau d'égout peut contenir des antiseptiques du genre de l'acide phénique par suite de déversements industriels.

Avec MnO^2 activé en présence d'acide phénique on retrouve exactement le déficit d'azote constaté avec la boue activée agissant sur l'eau d'égout.

Puisque, dans nos expériences, l'action microbienne du bioxyde de manganèse activé se comporte d'une façon identique à l'action des boues activées d'eau d'égout, nous croyons pouvoir dire que dans l'un et l'autre cas la nature bactérienne (1) de la fermentation nitrique ne peut faire aucun doute.

---

(1) La fermentation nitrique, tant avec la boue activée d'eau d'égout qu'avec MnO^2 activé, se fait lentement mais, sans conteste, à la température de 0°. Mais d'autres fermentations, en particulier la fermentation alcoolique, sont possibles à 0°. Nous avons

Quant à la perte d'ammoniac, qui ne se retrouve pas à l'état d'azote nitreux, nitrique ou ammoniacal dans les boues ou le liquide, à la fin de la fermentation nitrique, elle ne résulte pas d'un phénomène d'adsorption, elle paraît également d'ordre microbien.

HYGIÈNE. — *Sur la fixation de l'oxyde de carbone dilué et entraîné par un courant d'air*. Note (¹) de MM. **Desgrez**, **Guillemard** et **Hemmerdinger**, présentée par M. Charles Moureu.

Nous avons entrepris l'étude de la fixation de l'oxyde de carbone entraîné par un courant d'air, avec l'espoir d'aboutir à l'établissement d'un masque qui pourrait permettre à l'homme de séjourner dans une atmosphère contaminée par ce gaz. On peut envisager soit la combinaison de l'oxyde de carbone avec un réactif approprié, soit d'abord une oxydation suivie de la fixation du gaz carbonique formé. La difficulté du problème résulte des deux conditions suivantes : la réaction doit se passer à température peu élevée ; elle doit avoir lieu avec une vitesse suffisante pour arrêter l'oxyde de carbone dilué dans un courant d'air présentant un débit minimum de 7^l à 8^l par minute.

On connaît un certain nombre de réactifs capables de fixer l'oxyde de carbone ou de le transformer en gaz carbonique, mais les deux conditions précédentes excluent les oxydes métalliques, réductibles seulement à température élevée, de même que la solution chlorhydrique ou ammoniacale de chlorure cuivreux. Nos recherches se trouvaient ainsi limitées à l'action des absorbants, des substances capables de catalyser l'oxydation par l'air du gaz toxique (mousse ou noir de platine), enfin de quelques oxydants proprement dits (acide chromique, permanganates, peroxydes alcalins et anhydride iodique).

Nous avons constaté, pour le charbon, un pouvoir absorbant très net, mais insuffisant et d'autant plus faible que la teneur de l'air en oxyde de carbone est plus élevée.

Comme mousse de platine, nous avons utilisé de l'amiante platinée à

---

obtenu en trois semaines la transformation complète du sucre en alcool en versant sur un peu de levure pure, refroidie à $-2°$, une solution de sucre à 15 pour 100 préalablement ramenée à la température de $0°$ et maintenue trois semaines à cette température.

(¹) Séance du 11 juillet 1921.

15 pour 100. L'oxydation commence dès la température de 11°, mais ne devient intégrale qu'à partir de 144°.

On sait que l'acide chromique peut être réduit par l'oxyde de carbone dès la température ordinaire. Nous avons utilisé un mélange contenant : ponce granulée 735g, acide chromique 250g, eau 12g,5. Ici, de nouveau, les chiffres obtenus ne témoignent que d'une vitesse de réaction insuffisante. Mêmes insuccès avec l'oxylithe, avec des mélanges de permanganate de potassium et d'acide nitrique, ou, suivant la formule de Mermet, de permanganate, d'acide nitrique et de nitrate d'argent.

Essai de l'anhydride iodique. — Ditte avait indiqué, en 1870, que l'anhydride iodique est réduit, à chaud, par l'oxyde de carbone. Armand Gautier a établi que cette réaction, qui commence vers 30°, devient active à 45° et complète à 70°, quelle que soit la dilution. Nous avons fait un essai avec un mélange de 70g d'anhydride iodique et de ponce granulée, maintenu à 50°. Dans les conditions de débit fixées plus haut, l'oxydation s'est montrée très insuffisante. Il en est tout autrement si la réaction a lieu en présence d'acide sulfurique et c'est là le point nouveau, d'un grand intérêt pratique, mis en lumière par nos recherches. Que l'on fasse, en effet, circuler le courant gazeux sur le mélange suivant : ponce granulée 85g, acide sulfurique, à 66° B., 18cm³ et anhydride iodique 70g, on constate qu'à partir de 35°, l'oxyde de carbone est totalement brûlé, à la teneur de 8 pour 1000, dans un courant d'air ayant une vitesse de 7l à la minute. Entre 10° et 15°, le même mélange laisse passer d'abord un peu d'oxyde de carbone, puis, la température s'élevant, le gaz toxique passe de moins en moins. L'accélération de la réaction est bien due à l'acide sulfurique, car si l'on remplace cet acide par de l'huile de vaseline, pour obtenir, comme avec l'acide, l'adhérence de l'anhydride iodique sur la ponce, le résultat est négatif. Avec l'acide sulfurique, la marche de la réaction se manifeste par les changements de coloration que présente le réactif. Le granulé, en effet, se colore en brun, dès le début, avec un dégagement d'iode faible ou nul, puis la coloration brune fait place à une coloration jaune serin, en même temps que l'on observe un dégagement régulier d'iode. Le composé jaune formé n'est d'ailleurs stable qu'à l'abri de l'humidité. Au contact de l'air non desséché, il brunit en dégageant de l'iode. Il semble donc bien que le complexe $I^2O^5 + SO^4H^2$ présente une vitesse de réaction oxydante très supérieure à celle de I^2O^5.

L'étude de la ponce iodico-sulfurique a consisté à faire varier les proportions relatives des trois composants du réactif et à comparer l'efficacité des mélanges. En fixant d'abord les variables du problème, sauf les proportions relatives d'acide sulfurique et d'anhydride iodique, on trouve un maximum d'efficacité pour 2cm³,5 de SO^4H^2, 9g de I^2O^5 et 27 de ponce (grains arrondis de 4mm de diamètre moyen). Le courant d'air est débarrassé de l'iode entraîné par passage sur de la ponce sodique et l'oxyde de arbone est mesuré, à la sortie, à l'aide d'un toximètre de Guasco sensibilisé. Pour donner au mélange toute l'efficacité possible, il faut employer un acide renfermant 10 pour 100 d'anhydride sulfurique. On peut substituer l'acide iodique ou même l'iodate de potasse à l'anhydride iodique, mais l'activité du mélange oxydant s'en trouve notablement abaissée.

Conclusion. — Pour réaliser la fixation de l'oxyde de carbone, dilué dans un courant d'air animé d'une vitesse s'adaptant, pour la construction d'un masque, aux besoins de la respiration, les réactifs classiques sont inefficaces. La vitesse de réaction de l'anhydride iodique, insuffisante même à 50°, se trouve, au contraire, augmentée, dans la mesure désirable, si on lui ajoute le tiers environ de son poids d'acide sulfurique, préalablement fixé sur de la pierre ponce.

A 15 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 20 juin 1921.)

Note de M. *P. Remy,* De l'action des vapeurs de chloropicrine sur l'*Argas reflexus* Fabr. :

Page 1619, ligne 32, *au lieu de* 25 minutes, *lire* 35 minutes.

(Séance du 27 juin 1921.)

Note de M. *Guilliermond*, Sur les microsomes et les formations lipoïdes de la cellule végétale :

Page 1676, ligne 10 de la Note, *au lieu de* volume supérieur, *lire* volume inférieur.
Page 1677, ligne 14, *au lieu de* coloration nette, *lire* coloration verte.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 JUILLET 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les hypothèses fondamentales de la Physique et de la Géométrie.* Note de M. ÉMILE BOREL.

Les récents travaux sur la théorie de la relativité, et notamment ceux de MM. Weyl (¹) et Eddington (²) ont montré l'importance qu'ont pour les physiciens les recherches sur les principes de la Géométrie, regardées parfois comme relevant plutôt de la Philosophie que de la Science. Il ne paraît donc pas inutile de chercher à préciser quelles sont les hypothèses fondamentales, de nature physique, qui sont impliquées dans toutes les théories par lesquelles on a tenté une synthèse de la Géométrie et de la Physique; les idées essentielles ont été émises par Riemann et par Poincaré; il y a seulement lieu de les adapter aux suggestions de l'expérience interprétée par un Lorentz et un Einstein, suggestions qui nous ont fait envisager comme possibles et même comme probables des faits physico-géométriques qui, au XIXe siècle, eussent paru invraisemblables.

Pour simplifier le langage et les notations, je parlerai simplement de l'espace à trois dimensions considéré à un instant donné, c'est-à-dire que je raisonnerai sur une section (arbitraire sous de larges conditions) de l'Univers à quatre dimensions; des considérations analogues s'appliqueraient à l'Univers lui-même.

La *première hypothèse* consiste à admettre la possibilité de définir dans

---

(¹) H. WEYL, *Raum, Zeit, Materie*, 3e édition.

(²) A.-S. EDDINGTON, *Espace, temps et gravitation* (traduction Rossignol) et *Proceedings of the Royal Society of London* (A, vol. 99, mai 1921).

l'espace un réseau de coordonnées à trois dimensions u, v, w. Au point de vue local, cette hypothèse est essentiellement une hypothèse de continuité; il n'est pas, en effet, possible de supposer effectivement tracées une infinité continue de surfaces $u = \text{const.}$; il est donc nécessaire d'admettre la possibilité d'interpoler, sous la seule condition qu'un nombre suffisamment grand de ces surfaces aient été choisies et numérotées; c'est là l'hypothèse de continuité. Au point de vue général, la forme du réseau est liée à celle de l'espace entier considéré au point de vue de l'*Analysis situs;* toute hypothèse non logiquement absurde est compatible avec les faits observés dans la portion de l'espace accessible à nos investigations, du moment que cette hypothèse est relative à des portions de l'espace suffisamment éloignées. Il paraît superflu d'introduire une hypothèse invérifiable (¹).

Le réseau u, v, w, étant supposé défini et satisfaisant à l'hypothèse de continuité, imaginons qu'en chaque point de l'espace nous ayons une jauge infiniment petite et que nous cherchions le lieu de l'une de ses extrémités, l'autre extrémité restant fixe. La *seconde hypothèse* est que ce lieu est un ellipsoïde ayant son centre à l'origine, dans le système de coordonnées du, dv, dw; cette hypothèse, supposée vérifiée quelle que soit la nature physique de la jauge et l'état physique du point de l'espace considéré, comprend à elle seule de nombreuses hypothèses physiques ou, si l'on préfère, les résultats de nombreuses expériences. Cette seconde hypothèse nous permet d'écrire le ds^2, dans le système de coordonnées envisagé, sous la forme

$$ds^2 = \lambda^2 \varphi(du, dv, dw), \tag{1}$$

dans laquelle φ est une forme quadratique à coefficients variables, correspondant à l'ellipsoïde défini en chaque point, et λ un facteur arbitraire caractérisant la longueur variable de la jauge aux divers points de l'espace. Si l'on admet que l'on prend pour jauge aux divers points une « même » grandeur physique, il en résultera la continuité de λ et des coefficients de φ; en tout cas, les coefficients de la forme $\lambda^2\varphi$ devront être supposés en général continus; c'est la *troisième hypothèse* (²).

(¹) Je ne considère pas comme une hypothèse, mais comme un fait physique, le nombre *trois* des dimensions de l'espace.

(²) Cette hypothèse est nécessaire en raison de l'impossibilité non seulement d'effectuer, mais simplement d'imaginer l'expérience de la jauge en *tous* les points de l'espace; il faut qu'un nombre fini d'expériences permettent de prévoir les résultats de toutes les expériences.

Il nous est loisible, si cela nous est commode, d'ajouter à ces trois hypothèses physiques une *quatrième hypothèse*, que l'on pourra appeler *géométrique*, largement arbitraire, qui consistera à définir un $d\sigma^2$ géométrique par la formule

$$d\sigma^2 = \psi(du, dv, dw), \qquad (2)$$

dans laquelle ψ est une forme quadratique quelconque (à coefficients continus); si cette forme est à courbures nulles, l'espace géométrique sera euclidien [1].

La relation entre l'espace géométrique (2) et l'espace physique (1) est donnée par la formule

$$\frac{ds^2}{d\sigma^2} = \frac{\lambda^2 \varphi(du, dv, dw)}{\psi(du, dv, dw)}, \qquad (3)$$

dans laquelle les invariants du second membre, par rapport à la transformation ponctuelle générale, expriment les propriétés physiques de l'espace géométrique considéré, par rapport aux jauges utilisées (l'espace géométrique dépend en outre du choix particulier de la section d'univers; cette difficulté ne se serait pas présentée si l'on avait introduit quatre variables au lieu de trois).

L'introduction de la fonction arbitraire ψ peut apparaître comme une complication inutile; il est bien certain qu'il en serait ainsi si on la choisissait au hasard, de même qu'on introduirait une complication gênante dans la Mécanique classique en regardant comme axes absolus des axes liés à la Terre ou à un atome déterminé. L'expérience seule permettra de décider si certains choix de la fonction ψ permettent ou non de donner une forme plus simple aux propriétés physiques de l'Univers; il sera peut-être alors permis d'attribuer à une géométrie particulière (et à une définition particulière du temps), une vérité basée sur la notion de commodité, telle que l'entendait Poincaré à propos de la rotation de la Terre autour du Soleil. En attendant, on doit réserver la réponse à la question de savoir si l'introduction de ψ est une complication superflue ou une simplification presque indispensable.

Mais, avant d'aborder ainsi la quatrième hypothèse, il y aurait lieu d'examiner de près les trois premières et de se demander notamment si elles restent justifiées à l'échelle moléculaire ou si elles expriment seulement des vérités statistiques.

---

[1] Si l'on ne se place pas seulement au point de vue local, les deux formes φ et ψ devront être compatibles au point de vue de l'*Analysis situs*.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Réaction mutuelle de l'acide oxalique et de l'acide iodique* (troisième Note) : *Influence de la lumière solaire.* Note de M. **Georges Lemoine.**

La lumière accélère la réaction de l'acide oxalique et de l'acide iodique que j'ai étudiée sous l'influence soit de la chaleur seule, soit de différents catalyseurs [1] :

$$C^2H^2O^4 + \frac{2}{5}IO^3H = 2CO^2 + \frac{2}{5}I + \frac{6}{5}H^2O. \qquad (1)$$

J'ai cherché à déterminer, par l'expérience, quel est l'accroissement de la vitesse de cette réaction à la lumière à une température donnée, et de combien la température peut être abaissée pour obtenir avec la lumière la même vitesse de réaction qu'avec la chaleur.

Les expériences ont été faites à la lumière solaire en choisissant de très belles journées; à l'époque de ces recherches, on ne disposait pas encore dans les laboratoires des radiations ultraviolettes fournies maintenant par les lampes électriques à arc de mercure, si heureusement utilisées en photochimie par M. Daniel Berthelot.

Expérience préliminaire montrant l'influence de la lumière. — Deux tubes de 14^{mm} de diamètre contenant chacun 20^{cm^3} du mélange des liquides *binormaux* sont disposés perpendiculairement aux rayons du soleil par un ciel très pur : l'un des deux est enveloppé de papier noir. Cette expérience est choisie parmi plusieurs autres parce qu'il se trouve que les températures des liquides dans les deux tubes ont été égales (39°,1), l'échauffement produit par le soleil dans l'un d'eux étant compensé par le refroidissement dû à l'air ambiant.

Temps en heures depuis l'origine.	Tube à l'obscurité. Gaz ramené à 15° et 760mm.	Tube à l'obscurité. Fraction de décomposition.	Tube au soleil. Gaz ramené à 15° et 760mm.	Tube au soleil. Fraction de décomposition.
h	cm³		cm³	
1,30.........	30	0,038	129	0,165
2,02.........	69	0,088	224	0,287
2,50.........	95	0,121	284	0,363

Si la décomposition était complète, le volume dégagé serait 782^{cm^3} : d'où le calcul de la fraction de décomposition.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1094, et t. 173, 1921, p. 7.

Température des deux liquides : à l'origine, environ 22°; à la fin, 39°,1.

Organisation des expériences définitives. — Les déterminations quantitatives se heurtent à une difficulté spéciale à la réaction actuelle : c'est que dans l'obscurité elle est déjà importante à des températures de 30° à 40°. Or le liquide actif exposé au soleil s'échauffe assez rapidement et arrive à une température précisément de 30° à 40°. La lumière n'exerce plus alors qu'une influence supplémentaire. Pour l'isoler de l'influence de la chaleur, il faudrait pouvoir réaliser l'expérience à de très basses températures, ce qui, pour avoir en même temps une insolation assez vive, ne pourrait se faire tout au plus qu'à de très grandes altitudes.

Après divers essais j'ai pris les dispositions suivantes.

Toutes les déterminations portent sur le mélange des liquides binormaux parce que la réaction y est plus rapide qu'avec les liquides normaux.

Avant d'être exposé à la lumière, le mélange est amené d'avance à la température qui devrait être, d'après des essais préalables, à peu près celle qu'il prendra en s'échauffant au soleil.

On choisit de préférence des journées qui, tout en ayant un beau ciel sans nuages, ne sont pas trop chaudes : au printemps ou à l'automne. L'action du soleil est alors sensiblement constante pendant plusieurs heures (¹).

Le plus souvent, la réaction est effectuée dans des cuves à faces parallèles (1^{mm}, 4^{mm}, 10^{mm}) qu'on pose sur des boîtes en cuivre rouge installées perpendiculairement aux rayons solaires, en ayant soin de refroidir ces boîtes (ordinairement par de l'eau glacée, en renouvelant la glace).

La réaction ne se mesure plus alors par le gaz dégagé, mais par des essais alcalimétriques faits avant et immédiatement après l'expérience, sur 5^{cm^3} ou 10^{cm^3} de liquide amenés à une assez grande dilution. On peut ainsi faire des prises d'essai à des époques déterminées.

Loi de la vitesse de la réaction. — Elle a pu être déterminée approximativement dans l'une des expériences par des prises d'essai successives. Elle paraît être la même qu'à l'obscurité : si p est le poids de mélange actif insolé, y le poids décomposé au temps t et K une constante, on a

$$\frac{d\frac{y}{p}}{dt} = k\left(1 - \frac{y}{p}\right)^2, \tag{2}$$

(¹) C'est ce qui résulte de mes expériences sur les mélanges d'acide oxalique et de chlorure ferrique (*Comptes rendus*, 2 décembre 1895). Abney est arrivé à des conclusions semblables (*Philosophical Transactions*, 1893).

d'où, en intégrant,

$$1 - Kt = \frac{1}{1 - \frac{y}{p}},$$

soit, pour la durée de la demi-décomposition, $\tau = -\frac{1}{K}$, car K est négatif.

Expérience du 7 avril 1906 de 12h.02m à 14h.23m.

Ciel blanc, surtout autour du Soleil; température de l'air, 18°. Cuve de 10mm, normale aux rayons solaires; température du liquide, 27°,3 à 14h.23m.

	t...	0h,72.	1h,47.	2h,35.
$\frac{y}{p}$	observé...........	0,026	0,058	0,090
	calculé.............	0,030	0,058	donnée

Dès que la réaction est engagée, l'iode mis en liberté entre en partie en solution dans le liquide; mais la coloration qui en résulte est faible à cause du peu de solubilité dans l'eau $\left(\frac{1}{3750}\right.$ à 15°, d'après Dietz$\left.\right)$ et par conséquent dans les liquides aqueux.

Influence de l'absorption de la lumière en traversant le liquide actif. — Cette absorption fait que la lumière s'atténue et avec elle l'action chimique à mesure que l'épaisseur traversée est plus grande.

En toute rigueur, pour comparer l'action chimique de la lumière et de la chaleur, il faudrait donc que les expériences soient faites avec des cuves infiniment minces; on devrait, pour tout ramener à ce cas idéal, déterminer l'absorption par des expériences faites comparativement avec différentes épaisseurs de liquides, 1mm, 4mm, 10mm, 25mm, comme je l'ai fait autrefois pour la réaction de l'acide oxalique et du chlorure ferrique [1].

Afin d'avoir une idée de cette absorption pour la situation atmosphérique actuelle, j'ai observé simultanément dans chaque expérience la fraction de décomposition dans des cuves de 1mm et 4mm; le rapport a été trouvé généralement de 1,1 environ : la faiblesse de ce nombre indique que la correction à faire pour passer d'une cuve de 1mm à une cuve infiniment mince est à peu près négligeable. Je me suis donc attaché surtout aux expériences faites avec des cuves de 1mm. Elles donnent une idée générale assez exacte des phénomènes.

Expériences sur l'abaissement de la température de réaction produit par la

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. 6, 1895, Chap. IX, et *Comptes rendus*, t. 112, 1891, p. 936 et 992.

lumière solaire. — C'est avec ces quelques réserves que j'ai déterminé l'accroissement de la vitesse de réaction produit par la lumière à une température donnée et l'abaissement de température qui en résulte pour obtenir la même vitesse de réaction qu'à l'obscurité.

Les expériences étaient faites dans des cuves de 1^{mm} avec le mélange des liquides binormaux.

Les comparaisons numériques avec les résultats qu'on aurait obtenus dans l'obscurité à une température θ sont calculés d'après la formule trouvée comme résumant les expériences faites avec la chaleur seule pour les mélanges binormaux [1] :

$$\log\tau = -\log(-K) = 3,20 - 0,057\,\theta. \tag{3}$$

On sait que les valeurs de τ, durée de la demi-décomposition, sont les inverses de celles de $(-K)$.

Dates des expériences.	Données de l'expérience. Température de l'air.	t.	$\frac{\gamma}{p}$.	τ d'après la formule (2).	Température θ du liquide insolé.	Valeur de τ dans l'obscurité à la température θ d'après la form. (3).	Rapport des valeurs de τ au soleil et à l'obscurité.	Température θ donnant dans l'obscurité la même valeur de τ qu'au soleil d'après la form. (3).
4 avril 1906 (1)...	12°	1h,00	0,076	12h,2	32°	23h,8	**0,51**	**37°,1**
7 avril 1906 (2)...	18	2,35	0,106	19,7	27	45,8	**0,43**	**33,4**
10 avril 1906 (3)...	22	2,12	0,213	7,8	36	14,1	**0,56**	**42,2**
27 juin 1906 (4)...	31	2,33	0,147	13,5	31	27,1	**0,50**	**36,3**

Nota. — (1) Soleil magnifique. — (2) Ciel blanc autour du soleil. — (3) Très beau temps. — (4) Très beau temps; ciel un peu blanc autour du soleil.

Ces résultats doivent subir une correction pour tenir compte de l'absorption exercée par le verre sur les radiations de la région du violet et de l'ultraviolet.

Pour l'apprécier, j'ai pris deux cuves de 4^{mm} d'épaisseur ayant leur face antérieure pour l'une en verre blanc, comme pour les déterminations précédentes, pour l'autre en *quartz* : au bout de 2 heures, par une belle journée

(1) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 1100, où il faut lire (— K) au lieu de K, car K est négatif.

(31 août 1906), les proportions $\frac{y}{p}$ de liquide décomposé y étaient respectivement 0,057 et 0,065, d'où le rapport

$$(0,065 : 0,057) = 1,14.$$

Si, faute de mieux (étant dépourvu de cuve de quartz de 1^{mm}), on applique cette correction aux cuves de 1^{mm} employées dans les expériences précédentes, on obtient les résultats définitifs ci-dessous :

Dates des expériences.	Données de l'expérience. t.	$\frac{y}{p}$ observé.	$\frac{y}{p}$ corrigé.	τ d'après la form. (2).	Temp. du liqu. insolé θ.	Valeur de τ dans l'obscurité à la temp. θ d'après la formule (3).	Rapport des valeurs de τ au soleil et à l'obscurité.	Temp. Θ donnant à l'obscurité la même valeur de τ qu'au soleil d'après la formule (3).	Excès de Θ sur θ.
4 avril 1906...	1h,00	0,076 × 1,14	= 0,087	9h,13	32°	23h,8	0,38	39°,3	7°,3
7 avril 1906...	2,35	0,106 × 1,14	= 0,121	17,3	27	45,8	0,38	34,4	7,4
10 avril 1906...	2,12	0,213 × 1,14	= 0,243	6,61	36	14,1	0,47	41,7	5,7
27 juin 1906...	2,33	0,147 × 1,14	= 0,168	11,54	31	27,1	0,43	37,5	6,5

En nombres ronds, on peut donc conclure qu'au soleil, dans les belles journées de notre climat :

La durée de la demi-décomposition, pour une température donnée, est les 0,4 de ce qu'elle est dans l'obscurité (rapports des valeurs de τ);

Une même vitesse de réaction se produit au soleil, à une température de 7° plus basse que dans l'obscurité (excès de Θ sur θ).

Comparaison avec quelques autres transformations chimiques. — L'abaissement de température réalisé par la lumière du soleil de nos climats pour obtenir la même vitesse de transformation que dans l'obscurité a été trouvée environ [1] :

Pour le mélange d'acide oxalique et de chlorure ferrique normaux.	100°
Pour le styrolène..	50
Pour le mélange d'acide oxalique et d'acide iodique binormaux.....	7

Ces différences considérables entre les trois transformations sont sans doute corrélatives de celles qu'elles présentent lorsqu'elles se font dans

(1) G. Lemoine, *Mélange d'acide oxalique et de chlorure ferrique* (*Annales de Chimie et de Physique*, t. 30, 1893, et t. 6, 1895, § 4, p. 531); *Styrolène* (*Comptes rendus*, 6 novembre 1899, *in fine*).

l'obscurité à des températures d'environ 40°, c'est-à-dire aux températures que les liquides atteignent au soleil : la vitesse de transformation est alors insignifiante et pratiquement nulle dans l'obscurité pour le mélange d'acide oxalique et de chlorure ferrique, tandis qu'elle est déjà assez importante pour le mélange d'acide oxalique et d'acide iodique. Ainsi la proportion de matière transformée en une heure vers 41° dans l'obscurité est à peu près :

Acide oxalique et chlorure ferrique normaux..........	0,000014
Styrolène..	0,001
Acide oxalique et acide iodique binormaux...........	0,12

On conçoit que la lumière ne facilite pas énormément la dernière réaction puisqu'elle se produit déjà dans l'obscurité.

On peut aussi rapprocher ces différences de ce qui se passe avec les catalyseurs : ainsi le noir de platine, qui est un excellent catalyseur pour les mélanges d'acide oxalique et d'acide iodique, est beaucoup plus efficace aux basses températures pour lesquelles la réaction dans l'obscurité est insignifiante [1].

Quoi qu'il en soit, ces expériences sur l'action chimique de la lumière pour les mélanges d'acide oxalique et d'acide iodique peuvent être utilement rapprochées des expériences déjà publiées sur l'influence des catalyseurs.

GÉOLOGIE. — *Sur les plissements dysharmoniques dans les montagnes au nord de Toulon.* Note de M. **Émile Haug**.

Les montagnes urgoniennes qui limitent au nord le littoral de la région toulonnaise appartiennent à une zone tectonique très particulière. J'ai montré précédemment qu'elle prend naissance à l'ouest, sur le bord méridional du bassin du Beausset, sous la forme d'un anticlinal droit, dont le flanc méridional a été fortement entamé par des érosions antérieures au charriage, si bien que, dans la partie orientale du chaînon du Gros Cerveau, il ne subsiste plus que la moitié du pli. La zone des terrains renversés et, par places, la zone triasique chevauchent dès lors directement sur les dolomies néojurassiques qui constituent le noyau du demi-anticlinal. L'Urgonien du flanc nord s'enfonce par contre sous les terrains crétacés du bassin du Beausset, qui lui font suite normalement. Il est de même séparé norma-

[1] G. Lemoine, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 10.

lement des Dolomies du noyau par une bande étroite d'Hauterivien et de calcaires blancs, probablement valanginiens.

Déjà, dans le chaînon du Gros Cerveau, cette bande est localement étirée, l'Urgonien reposant alors directement sur les Dolomies. A l'est des gorges d'Ollioules, dans le chaînon du Croupatier, qui constitue le prolongement du Gros Cerveau, l'étirement paraît se produire plus fréquemment, mais la bande d'Hauterivien et de Calcaires Blancs présente encore son développement normal sur la route qui conduit au fort du Cap Gros.

L'Urgonien du Croupatier forme une grande dalle, inclinée au NW, qui, dans cette direction, s'enfonce sous l'Aptien. Mais la dépression du Broussan et celle du col du Corps de Garde ont profondément entamé son soubassement et permettent de constater, sur une longueur de près de 2^{km}, la superposition directe de l'Urgonien au Bathonien marneux. En deux endroits, une lame de Dolomies s'intercale entre les deux terrains, ce qui montre avec évidence que leur surface de contact correspond à un accident tectonique et ne saurait en aucune façon être interprétée comme un contact normal, avec lacune stratigraphique.

Sur le pourtour de la dépression du Broussan, on voit même l'Urgonien ou l'Aptien reposer directement sur des calcaires mésotriasiques à *Encrinus liliiformis* ou sur les dolomies hettangiennes.

Il existe donc, dans la partie septentrionale du Croupatier, à la base de l'Urgonien, une importante *surface de décollement,* qui a détaché ce terrain de son substratum normal et qui a tranché obliquement plusieurs termes du soubassement.

Un décollement tout à fait semblable existe plus à l'est, au delà du vallon du Las, à la base du Faron, montagne urgonienne qui appartient à la même zone tectonique que le Gros Cerveau et le Croupatier. Il a été signalé depuis longtemps par Marcel Bertrand, qui a assimilé son intersection avec la surface topographique aux « failles courbes » du Jura.

Sur le versant méridional du Faron, on observe, sous l'Urgonien, toute la série normale des terrains, depuis le Bathonien jusqu'à l'Hauterivien, sans aucune trace d'étirement. La surface de décollement sépare le Bathonien des calcaires mésotriasiques, qui forment le socle de la montagne. Vers l'extrémité orientale du chaînon, elle se relève et coupe en biseau les différents termes de la masse décollée, de sorte que le Bathonien calcaire, les Dolomies, les Calcaires Blancs, l'Hauterivien et, finalement, au sud du fort de la Croix-Faron, l'Urgonien se trouvent successivement en contact

direct avec les calcaires mésotriasiques, qui plongent régulièrement au NE, comme la surface de décollement elle-même.

Sur le versant nord du Faron, le substratum de l'Urgonien n'est visible nulle part. Une cassure très importante à peu près verticale, et dirigée sensiblement W-E, puis NNW-SSE, fait buter l'Urgonien contre une série jurassique presque horizontale, allant du Bathonien marneux aux dolomies néojurassiques. Il est difficile d'admettre que l'on est en présence d'une simple faille verticale, due à un tassement postérieur au plissement, car l'accident ne se prolonge ni à l'ouest, sur la rive droite du Las, ni à l'est, dans le soubassement triasique. A l'extrémité orientale du chaînon, on le voit même contourner l'Urgonien du fort de la Croix-Faron et se raccorder avec la ligne de contact anormal qui correspond au décollement du versant sud. A l'ouest, le raccordement est plus hypothétique, mais il semble bien que l'on doive envisager, avec Marcel Bertrand, la cassure verticale du versant nord et la surface de décollement du versant sud comme se raccordant en profondeur et constituant un seul et même accident. Contrairement au Croupatier, le Faron est donc entièrement décollé de son soubassement.

Il existe encore, au nord du Faron, une 3me masse urgonienne, elle aussi décollée, au moins partiellement, de son substratum. C'est le mont Combe, dont la paroi domine au nord la dépression qui relie le vallon de Dardenne à celui de la Valette. Il fait face au Coudon, mais ses analogies sont plutôt avec le Croupatier, car la dalle urgonienne dont il est formé est inclinée au nord et s'enfonce normalement sous l'Aptien de la terminaison orientale du bassin du Beausset, qui supporte lui-même le Cénomanien classique de Tourris. Au pied sud de la paroi, cette dalle repose soit sur les Dolomies, soit sur le Bathonien calcaire, soit sur le Bathonien marneux, soit même, au-dessus de la Ripèle, sur le Trias supérieur. L'Urgonien est donc séparé, ici aussi, de son soubassement par une surface de décollement, et celle-ci s'enfonce au nord à une profondeur indéterminée.

Si maintenant nous suivons l'Urgonien du mont Combe vers l'ouest, nous le voyons prendre une allure tout à fait différente. Sa largeur diminue considérablement et il se trouve bientôt réduit à une lame dont l'épaisseur ne dépasse guère quelques dizaines de mètres et qui s'intercale entre l'Aptien, au nord, et le Lias à silex ou l'Hettangien au sud. Tous ces terrains, au lieu de plonger, comme ils le font plus à l'est, au nord, s'enfoncent uniformément vers le sud. L'Aptien et l'Urgonien constituent toujours le bord méridional du bassin du Beausset, mais ils ont subi une

torsion de près de 90° et sont désormais *renversés*. L'Urgonien ne tarde pas à s'étirer complètement, de sorte qu'au barrage de Dardenne le Lias s'appuie directement sur l'Aptien. Entre le Revest et le Broussan les étirements sont encore la règle, mais l'Urgonien reparaît à trois reprises, sous la forme de grandes dalles inclinées au sud. Il s'appuie sur l'Aptien ou sur le Cénomanien renversés et supporte les Dolomies néojurassiques ou le Bathonien, également renversés; il est lui-même renversé.

Aucun doute ne peut exister au sujet de la continuité primitive de l'Urgonien décollé du Croupatier et du Faron et de l'Urgonien du bord méridional du bassin du Beausset. Au Croupatier, elle est encore réalisée aujourd'hui, et il est de toute évidence que l'érosion seule a séparé l'escarpement nord du Faron de l'escarpement sud du mont Combe. Quant aux trois lames d'Urgonien renversé qui, entre le Broussan et le Revest, s'enfoncent sous le Jurassique et se raccordent en profondeur avec l'Urgonien du bord nord du bassin, c'est incontestablement leur bord libre qui, antérieurement à l'action de l'érosion, se raccordait avec le bord nord-est de la dalle du Croupatier et avec le bord nord de la masse urgonienne du Faron. Le raccord s'effectuait par une courbure harmonieuse, dessinant un vaste anticlinal déversé au nord. Sur le bord ouest de la dépression du Broussan, on voit nettement les deux Urgoniens se rejoindre et former voûte pardessus les calcaires mésotriasiques.

Dans toute la zone tectonique qui nous occupe, les déformations qu'a subies l'Urgonien se réduisent donc à une seule ondulation à grand rayon de courbure, remplacée, entre le Broussan et le Revest, par un anticlinal unique, déversé au nord. Le soubassement présente, par contre, des dislocations autrement nombreuses, autrement compliquées. C'est ce qu'il me reste à montrer.

J'ai signalé, dans une Note antérieure ([1]), sur le versant sud du Croupatier, une bande de Calcaires Blancs qui marque, dans les Dolomies du soubassement, le passage d'un synclinal. Les Dolomies qui séparent ces Calcaires Blancs de la série normale Valanginien-Hauterivien-Urgonien sont dès lors manifestement repliées en anticlinal et le plan axial plonge au NW. L'anticlinal est donc déversé au SE et j'ai attribué ce déversement exceptionnel à une poussée au vide, résultant de ce que les dénudations antérieures au plissement ont créé, au sud de la zone urgonienne méridionale, une zone de moindre résistance. Il est manifeste que l'érosion a

([1]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1548-1554.

enlevé toute la partie supérieure du Jurassique dans la région située immédiatement à l'ouest des Quatre-Chemins des Routes, car ici le Trias chevauche directement sur le Bathonien marneux. Et il semble que la dénudation a également affecté le soubassement du Faron, où un glissement de proportions gigantesques a donné lieu à la superposition directe du Bathonien au Trias moyen.

Tous ces terrains décapés des deux rives du Las sont peu disloqués et c'est seulement au nord des Quatre-Chemins et en amont de la chapelle Saint-Pierre que l'on pénètre dans une région où les plis se succèdent en grand nombre dans une zone relativement étroite, la dépression de Dardenne. On traverse du sud au nord les accidents tectoniques suivants :

1° L'anticlinal de Saint-Pierre, faisant affleurer, au milieu de l'Hettangien, une bande de Rhétien correspondant à la région axiale et accusant un déversement du pli, d'abord au NE, puis après une torsion d'environ 90°, au SE;

2° Le synclinal de la colline liasique cotée 162;

3° L'anticlinal du fort des Pomets, qui apparaît sous les brèches quaternaires au nord des Quatre-Chemins et se manifeste, avec une direction SW-NE et un déversement au NO, par une bande d'Hettangien et localement de Rhétien, comprise entre deux bandes de Lias moyen et supérieur;

4° Le synclinal du Nest, parallèle à l'anticlinal précédent, avec noyau bathonien;

5° L'anticlinal du hameau des Pomets, orienté W-E, en forme de voûte à noyau rhétien, à l'ouest, bifurqué à l'est de Fontanier et faisant apparaître, dans l'axe des deux anticlinaux secondaires, le Trias supérieur, et même, dans le pli septentrional, le Trias moyen;

6° Une 1ère ligne de contact anormal, le long de laquelle l'Hettangien chevauche sur le Bathonien ou sur les dolomies néojurassiques en série normale (1);

7° L'anticlinal de Boudevigne, isoclinal et déversé au nord (étroite bande de Lias supérieur entre deux bandes de Bathonien, à l'ouest de la route du Revest; large affleurement de Lias, avec noyau hettangien et rhétien, à l'est de cette route, au sud du barrage);

8° Une 2me ligne de contact anormal, orientée W-E et le long de laquelle l'un des deux termes du Bathonien ou les dolomies néojurassiques chevauche sur l'Urgonien renversé ou sur l'Aptien du bord méridional du bassin de Beausset.

En amont des Pomets, la route du Broussan s'élève en lacets sur le versant nord d'un vallon et traverse deux lambeaux, constitués par des couches triasiques, rhétiennes et hettangiennes, qui se présentent dans des conditions tout à fait particulières. Marcel Bertrand les avait envisagés comme des lambeaux de recouvrement et ils paraissent, en effet, être sans

(1) Tous ces accidents sont coupés à l'est et déviés par un décrochement dirigé N-S, qui prend fin à la Salvatte et n'affecte plus les accidents suivants.

racines en profondeur. Leur soubassement apparaît dans l'intervalle qui les sépare. C'est du Bathonien renversé, limité au sud par la première ligne de contact anormal (6) et s'appuyant au nord sur une dalle de Dolomies qui recouvre l'Urgonien renversé et en est séparé par la deuxième surface de chevauchement (8). Les deux lambeaux ont une structure nettement anticlinale et occupent, par rapport aux deux lignes de contact anormal (6 et 8) exactement la même situation que l'anticlinal de Boudevigne (7). Ils sont sectionnés à la base par une surface de chevauchement qui rencontre la surface n° 6 sous un angle très aigu, de sorte que les deux lambeaux se terminent en profondeur par un angle dièdre. Il existe d'ailleurs, au nord du col du Corps de Garde, un lambeau beaucoup plus étendu, constitué par les divers termes du Lias, qui occupe une situation tout à fait analogue, mais est manifestement enraciné. Je signalerai encore, dans la dépression du Broussan, une complication de même ordre. C'est une lame constituée par une série renversée, allant du Trias moyen au Lias moyen. Elle s'enfonce, au sud, sous l'Aptien ou l'Urgonien de la dalle du Croupatier et chevauche, au nord, sur l'Aptien renversé du bord méridional du bassin de Beausset. C'est sans doute le flanc inverse d'un grand pli déversé au nord, dont le flanc normal est constitué par la série du col du Corps de Garde.

Dans la dépression qui sépare le Faron du mont Combe et du Coudon, on observe également quelques dislocations, mais elles sont d'un ordre plus simple que celles de la dépression de Dardenne, avec lesquelles il est d'ailleurs difficile de les raccorder.

En résumé, les terrains triasiques, liasiques et jurassiques qui constituent la zone comprise entre le soubassement tranquille du Faron, au sud, et le bord méridional du bassin du Beausset, au nord, ont subi des plissements extrêmement énergiques, avec déversements au SE, ou plus fréquemment au N, et étirements dans le plan axial ou dans le flanc inverse des plis. Ces dislocations présentent le contraste le plus frappant avec l'allure tranquille de l'Urgonien, du Croupatier, du Faron et du mont Combe. L'Urgonien, grâce à son épaisseur et à son homogénéité, s'est comporté comme une masse relativement rigide, tandis que son substratum a été énergiquement plissé. Entre les deux séries il s'est produit un décollement, avec étirement fréquent des Calcaires Blancs et de l'Hauterivien. Les montagnes au nord de Toulon méritent de devenir un exemple classique de *plissements dysharmoniques*.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur les croisières océanographiques actuellement en cours.* Note de M. L. Joubin.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un aperçu sommaire des travaux océanographiques dont l'exécution est commencée et qui vont se poursuivre pendant tout l'été.

Ces travaux sont entrepris pour réaliser la part qui incombe à la France dans les conventions scientifiques internationales relatives à l'étude des mers, tant au point de vue de la science pure que de ses diverses applications. C'est à l'Office scientifique et technique des pêches qu'ont été affectés les crédits nécessaires à ces recherches et le soin de les exécuter.

Les croisières s'effectuent simultanément dans l'Atlantique et dans la Méditerranée, en liaison avec celles des autres puissances qui ont adhéré à ces conventions.

Conformément au programme de la Commission internationale pour l'étude de la mer, dont le siège est à Copenhague, nous avons entrepris toute une série de recherches très importantes dans l'Atlantique.

Le Ministère de la Marine s'est chargé d'exécuter chaque mois une sortie de trois jours de la canonnière *La Conquérante*, au large d'Ouessant. Il s'agit d'effectuer là, sur des points soigneusement repérés dans une aire nettement délimitée, des études sur la température et la salinité de ses eaux. Cette région est celle où le Gulf-Stream, venant de l'Océan, se divise en trois branches dont l'une monte vers le Nord, l'autre entre dans la Manche, la troisième s'infléchit vers le golfe de Gascogne. La connaissance des variations saisonnières de la température et de la chloruration de ses eaux a une importance considérable pour la pêche; on pourra en tirer aussi d'intéressants renseignements climatologiques. Deux sorties de *La Conquérante*, sous la direction de délégués de l'Office scientifique des pêches, ont été effectuées, les autres suivront mensuellement.

Nous espérons obtenir ainsi, à la longue, une série de cartes précises du régime des eaux du Gulf-Stream dans cette région; elles nous permettront d'en tirer plus tard des conclusions utiles.

Dans le but d'exécuter la part française du programme de Copenhague, l'Office des pêches emploie un navire à vapeur *La Tanche*, jaugeant 450[tx]. C'est un chalutier transformé, aménagé pour nos recherches, mais qui ne nous permet pas de donner à nos croisières l'ampleur désirable. Sa machine

tient trop de place, use trop d'eau et de charbon, ce qui limite nos sorties à un maximum de 12 jours consécutifs. Ce type de machine nous a occasionné l'année dernière des ennuis sérieux et, au début de la première croisière de juillet, un nouvel accident a causé des retards. Nous ne pouvons, dans ces conditions, nous éloigner de la terre autant qu'il serait nécessaire. Nous nous trouvons ainsi en état d'infériorité sur les autres pays qui disposent de navires pouvant rester un mois au large. Nous souhaitons vivement que l'on nous fournisse la somme nécessaire au changement de machine. Quoi qu'il en soit, *La Tanche* peut faire, et a déjà fait de bon travail. Elle est commandée par le capitaine Rallier du Baty.

Une première série de sorties, commencée au début de juillet, a pour but d'étudier, à 400 milles au large de l'entrée de la Manche, les bancs de la Grande Sole, fréquentés par nos chalutiers. La connaissance exacte des fonds, leur relief, leur nature minéralogique, la faune qui s'y rencontre, la température et la chloruration des eaux, ont une importance pour la science pure et pour la pêche, surtout du merlu, qui fait l'objet d'un important commerce et dont nous cherchons à connaître les déplacements et les lieux de ponte.

La Tanche viendra, au début d'août, rejoindre La Rochelle et après une escale de quelques jours, employée à des recherches d'un ordre tout différent, elle repartira pour une tournée, le plus loin possible au large du golfe de Gascogne. Il s'agit de déterminer la route suivie par les bancs de thons, dans leur déplacement du Sud au Nord pendant l'été; ils partent de la pointe de l'Espagne au début de l'été et arrivent au mois d'octobre à mi-chemin entre l'Irlande et Ouessant où ils disparaissent. Nous désirons préciser la route qu'ils suivent, celle-ci étant très probablement déterminée par la température de l'eau, qui ne doit pas être inférieure à 16°. D'immenses bancs de Crustacés amphipodes, de couleur rouge (*Euthemisto bispinosus*) que les pêcheurs nomment improprement *crevette rouge*, se déplacent dans ces eaux tièdes; les thons s'en nourrissent, suivent leurs bancs, et la détermination des conditions d'existence de ces crustacés entraînera celle des variations de la route des thons. Ces poissons ne sont pas les seuls à se nourrir de ces crustacés rouges; il y a une quantité d'autres animaux qui font de même et le tout constitue un plancton d'une richesse considérable, qu'il est très intéressant de connaître.

J'ai acheté à Copenhague un grand filet destiné à la capture de ces animaux. J'aurais souhaité en avoir plusieurs, mais leur prix élevé m'a empêché de réaliser ce désir. Nous ferons des essais de conservation de ces

crustacés dans le sel afin de les broyer et de chercher à les utiliser pour remplacer la rogue dans la pêche à la sardine.

La *Tanche* remontera jusqu'au sud de l'Irlande en suivant les Thons, se ravitaillera à Cork et rentrera en octobre à Brest, en faisant, par une route différente, de nouveaux travaux sur les bancs au large de l'entrée de la Manche. Les deux naturalistes qui dirigent les travaux scientifiques sont MM. Heldt et Le Danois, tous les deux attachés à l'Office scientifique des pêches. Nous embarquons en outre quelques jeunes naturalistes qui viennent apprendre le maniement des instruments et se familiariser avec les travaux à la mer.

Un autre bateau, plus petit, *Le Pétrel*, a été mis à la disposition de l'Office par le service de la surveillance des pêches. Il exécutera en août et septembre des recherches non loin des côtes vendéennes et bretonnes, en vue d'étudier le plancton des lieux de pêches à la sardine, selon un programme très précis, biologique et hydrographique; ce travail a été confié à M. Dollfus, attaché à l'Office des pêches, qui emmènera avec lui deux naturalistes.

M. le Dr Charcot, commandant le *Pourquoi-Pas?* fait, pour le Ministère de la Marine, une croisière hydrographique entre Cherbourg et les Iles Hébrides; il a bien voulu se charger d'exécuter, pour l'Office des pêches, un programme de recherches biologiques. A son retour, il entreprendra une seconde croisière à l'entrée de la Manche, qui complétera celles de la *Tanche* et du *Pétrel*.

J'ajoute que les trois navires ont reçu des instructions spéciales en vue de fournir aux géologues des renseignements aussi nombreux que possible sur la nature du sol. Ils nous ont demandé de leur faire des sondages permettant de rapporter des échantillons du fond en vue de continuer aussi loin que possible, sous la mer, les cartes géologiques terrestres. Ces documents sont excessivement rares dans la Manche, plus nombreux sur la côte Atlantique; nous ferons de notre mieux, malgré un outillage peu approprié à ce genre de travaux, pour rapporter des échantillons des roches sous-marines.

Dans la Méditerranée, nous avons à exécuter la part revenant à la France du programme de travaux établi à Madrid en 1919.

J'ai confié à M. le Professeur Pruvôt, directeur du Laboratoire de Banyuls-sur-Mer, le soin de faire la croisière prévue en utilisant son navire, *L'Orvet*, de 200tx spécialement aménagé pour les travaux océanographiques.

La croisière a commencé le 28 juin, et, aux dernières nouvelles, venues

d'Ajaccio, M. Pruvòt avait exécuté, sans incident, la première partie de la croisière. Les travaux hydrographiques et biologiques, accomplis avec l'aide de deux naturalistes, ont jusqu'à présent donné de bons résultats. La seconde partie, de la Corse aux Baléares, puis de celles-ci à Banyuls, est en voie d'exécution. Après quelques jours de repos, M. le Professeur Pruvòt repartira pour la Tunisie en vue d'exécuter des recherches sur des fonds susceptibles de fournir un champ de travail à la pêche au chalut. Le gouvernement tunisien a mis à ma disposition un crédit important pour cette croisière, et je l'ai transféré à mon collègue, mieux outillé et plus apte que personne à mener à bien ce travail pratique, tout en continuant en même temps les travaux scientifiques à bord.

Je signale à l'Académie que le Ministre de la Marine a consenti à m'embarquer avec MM. Heldt et Le Danois sur le dirigeable de Rochefort, en vue d'exécuter quelques expériences que je demande depuis longtemps, sur la visibilité des bancs de poissons et la possibilité de les signaler aux pêcheurs par des lancements de bouées. Ceci est spécialement destiné à la reconnaissance des bancs de sardines et de thons, sur lesquels je possède déjà quelques précisions. Si les résultats sont favorables, ils faciliteraient considérablement la pêche de ces poissons planctoniques.

Je note, en terminant, que je rentre de Copenhague où, pour la première fois, des délégués français prenaient part aux délibérations de la Commission internationale pour l'étude de la mer. MM. Naud, Roule, Le Danois et moi, nous avons obtenu divers résultats intéressants, exposé nos programmes, combiné nos travaux à venir avec ceux de nos voisins. Il est à noter que nous avons fait adopter l'emploi de la langue française pour certaines publications.

J'ai tenu à montrer à l'Académie, dans ce rapide aperçu, que les océanographes français font de leur mieux pour remplir leurs engagements internationaux, et que s'ils ne font pas plus c'est que les moyens matériels dont ils disposent sont insuffisants. Divers pays sont mieux outillés que nous, notamment le Danemark.

J'espère qu'au retour des diverses croisières, je serai à même de donner connaissance à l'Académie de résultats importants pour la science de la mer et de ses applications.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches expérimentales sur l'autocolloïdoclasie a frigore.* Note de MM. **F. Widal, P. Abrami** et **Et. Brissaud.**

L'étude de plusieurs malades atteints d'hémoglobinurie paroxystique *a frigore* nous a permis d'établir, il y a plusieurs années, que le refroidissement détermine chez ces sujets, en même temps qu'une crise d'hématolyse, un véritable choc colloïdoclasique, identique par sa symptomatologie et ses caractères vasculo-sanguins, à celui que réalise chez les organismes anaphylactisés, l'injection déchaînante d'antigène, ou chez les organismes neufs, l'injection parentérale massive de protéines hétérogènes.

C'est à ce propos que nous avons, dès cette époque, soutenu la théorie de la nature physique des chocs anaphylactiques et protéiques, et que nous avons établi cet autre fait, que l'on peut observer des chocs indifférenciables des précédents, sans l'intervention d'aucune substance étrangère à l'organisme, sous la seule influence de l'altération soudaine imprimée à l'équilibre physique des colloïdes du plasma. Nous avons fait voir, en effet, que le choc des hémoglobinuriques résulte de la brusque dislocation du complexe hémolytique par le froid; cette dislocation suffit à produire des effets identiques à ceux de l'injection d'une albumine hétérogène en pleine circulation.

Nous nous étions demandés, à ce propos, si le choc provoqué chez les hémoglobinuriques par le froid représentait un cas isolé de pathologie humaine, ou si, au contraire, il ne fallait pas y voir seulement un exemple d'un phénomène général. Il était à prévoir que le froid produit dans l'équilibre humoral de nombreux sujets des modifications de même ordre, sinon aussi violentes, que celles qu'il détermine chez les hémoglobinuriques.

Nous avions dès cette époque, rapporté le résultat des expériences montrant que, chez les chiens, le froid est capable de produire un choc avec crise hémoclasique. Nous avons depuis étendu ces recherches expérimentales que nous allons exposer en détail.

Nous avons d'abord recherché s'il était possible, expérimentalement, de mettre cette action du froid en évidence chez des organismes normaux. Nous avons soumis des chiens à un refroidissement intense et étendu à une grande surface du corps, puis nous avons cherché si ce refroidissement provoquait des phénomènes immédiats de choc, analogues à ceux que l'on observe au cours des chocs anaphylactiques et protéiques, et que nous avions retrouvés chez nos hémoglobinuriques.

La signature de l'état de choc est, on le sait, l'existence d'une crise vasculo-sanguine très spéciale, caractérisée essentiellement par une hypotension artérielle considérable, une leucopénie accentuée avec inversion de la formule leucocytaire, la raréfaction des hématoblastes circulants, des troubles profonds de la coagulabilité sanguine. Cette crise, dont Schmidt Mulhein, Albertoni et Fano avaient autrefois décrit les principaux éléments dans le choc peptonique, et dont Ch. Richet, Arthus, Biedl et Kraus ont montré la constance dans le choc anaphylactique, nous l'avions retrouvée également au cours du choc à frigore des hémoglobinuriques. Elle est le témoin le plus fidèle et le plus précis de ce déséquilibre des colloïdes plasmatiques que l'on observe dans tout état de choc.

Nous avons donc recherché si cette crise si particulière, à laquelle nous avons donné le nom de *crise hémoclasique*, s'observait chez les animaux soumis au refroidissement. Sa constatation devait apporter la preuve que le froid est réellement capable de déterminer un choc, même chez des organismes normaux.

Nos expériences ont porté sur 17 chiens adultes. Ces animaux étaient à jeun depuis vingt-quatre heures; immédiatement avant le début de l'expérience, nous établissions la formule de leur équilibre vasculo-sanguin, en tenant compte de la coagulabilité du sang veineux pris à la veine jugulaire, de la leucocytose et de la formule leucocytaire. Dans certains cas, nous avons complété ces recherches par celle de l'indice réfractométrique du sérum, dont nous avons montré l'abaissement constant au cours des états de choc.

Les animaux étaient alors plongés dans une baignoire remplie d'eau refroidie à 2° ou 3°; la tête, le cou et les pattes antérieures seuls émergeaient. La durée du bain froid a été de 15 à 45 minutes. Au cours du refroidissement, et après sa cessation, nous recherchions de 10 en 10 minutes les divers éléments de la crise vasculo-sanguine, dans le sang de la veine jugulaire non immergée.

Les résultats de ces expériences ont été d'une netteté indiscutable. Chez tous les animaux éprouvés, le refroidissement a déterminé une crise hémoclasique manifeste, identique par ses caractères à celle que l'on observe dans tout état de choc. Cette crise apparaît en général au bout de 10 à 15 minutes; elle se prolonge pendant une demi-heure, parfois une heure; dans un cas où la durée de l'immersion à 2° avait été de 45 minutes, la crise hémoclasique ne prit fin qu'au bout de deux heures.

Voici, à titre d'exemple, le protocole d'une de ces expériences :

Chien de 10^{kg},100 *à jeun depuis* 24 *heures*.

		Formule.			
	Leucocytes.	Polynucléaires.	Mononucléaires.	Coagulation.	Indice réfractométrique.
Avant l'immersion	12,000	78	22	9^{min}	63
Immersion à 2°. 16^h.30^m	»	»	»	»	»
16.40	12,000	»	»	6	64,2
16.50	8,000	60	40	3	57,4
17	5,000	»	»	1,5	56,9
17.12	5,000	32	68	2	56,7
17.15	»	»	»	»	»
.... 17.20	7,000	»	»	3,5	59,3
17.45	9,000	68	32	»	»
18	14,000	81	19	11	64,3

Comme on le voit, par la lecture de ce Tableau, le refroidissement provoque très rapidement une leucopénie accentuée, abaissant de 12000 à 5000 le chiffre des globules blancs; en même temps s'établit l'inversion de la formule leucocytaire, qui fait tomber de 78 à 32 pour 100 la portion des polynucléaires, et monter de 22 à 68 pour 100 celle des mononucléaires; l'indice réfractométrique du sérum s'abaisse, parallèlement, de 63 à 56,7; la coagulabilité du sang veineux s'exagère. Afin de nous assurer que ce dernier phénomène était bien réel, et que les chiffres fournis par l'observation du temps de coagulation du sang recueilli dans les tubes à expérience, traduisaient bien une hypercoagulabilité, nous avons chez quelques animaux étudié la coagulabilité sanguine par la technique plus précise du plasma salé dilué, telle qu'elle a été décrite par l'un de nous. Elle a fourni des résultats exactement superposables à ceux que donnait la simple recherche du temps de coagulation du sang total. Ainsi, chez le chien que nous avons pris pour exemple, le plasma salé avant le refroidissement ne commençait à coaguler que dans les dilutions de 1,25 pour 100. Après 30 minutes de refroidissement, au moment où la crise hémoclasique était à son maximum, le plasma salé coagulait dans la dilution à 1,9 pour 100; cette hypercoagulabilité ne disparut qu'en même temps que le sang récupérait ses autres caractères normaux.

Le refroidissement suffit donc à créer, dans un organisme normal, un choc, de tout point comparable, à l'intensité près, au choc anaphylactique ou au choc protéique. Le Tableau de ce choc *a frigore* est identique à celui que réalise, chez le chien, l'injection intraveineuse d'une petite quantité de

substance protéique : même leucopénie, même inversion de la formule leucocytaire, même augmentation de la coagulabilité sanguine, même abaissement de l'indice réfractométrique du sérum.

Nos animaux n'ont présenté aucun autre symptôme que cette crise vasculo-sanguine; certains d'entre eux étaient pris de torpeur, phénomène explicable par l'action directe du froid, mais nous n'avons noté ni dyspnée, ni troubles convulsifs ou digestifs imputables au choc. Le refroidissement provoque uniquement le bouleversement sanguin qui caractérise la crise hémoclasique; il s'agit donc d'un choc atténué, tel que le réalisent les injections parentérales de faibles doses d'albumines hétérogènes, en particulier de peptone, tel également que l'on observe chez les hémoglobinuriques, à la suite d'un refroidissement peu intense ou de courte durée. En faisant varier, en effet, chez ces hémoglobinuriques, la durée du refroidissement, on réalise, ainsi que nous l'avons montré, toute une série de chocs plus ou moins intenses; si l'exposition prolongée à basse température produit à la fois une crise hémoclasique très marquée, des phénomènes cliniques de choc, tels qu'accès fébriles, dyspnée, arthralgies, nausées, œdèmes et urticaire, et enfin une crise d'hémoglobinurie, par contre, l'action passagère du froid ne détermine plus ni hémoglobinurie, ni phénomènes de choc, et seule une crise hémoclasique latente atteste le bouleversement que le froid fait subir encore, dans ces conditions, à l'équilibre colloïdal du plasma sanguin.

Les chocs colloïdoclasiques provoqués par les injections parentérales de substances hétérogènes présentent un autre caractère que l'on retrouve constamment, quelle que soit la substance utilisée : ils laissent, pour un temps, l'organisme à l'abri d'un choc nouveau : en un mot, ils produisent une sorte d'immunité temporaire. La durée de cette immunité est variable; elle n'excède pas, en général, quelques heures. Il était donc intéressant de rechercher si le choc provoqué par le froid offrait également ce caractère, et si les animaux qui venaient de subir l'effet colloïdoclatique du refroidissement en étaient préservés pour quelque temps. L'expérience, effectuée sur six chiens, a montré qu'il en était effectivement ainsi; elle a établi, en outre, que l'état d'immunité ne se prolongeait pas au delà de trois heures. Ces six chiens furent soumis tout d'abord au refroidissement, dans l'eau à 5°, pendant une demi-heure; ils présentèrent une crise hémoclasique des plus nettes. Ils furent alors, après des temps variables, refroidis de nouveau dans les mêmes conditions : l'un, une heure après sa sortie du premier bain, le second une heure et demie, le troisième deux heures, le quatrième

deux heures et demie, le cinquième et le sixième, trois heures après. Chez les trois premiers animaux, l'immunité produite par le premier choc fut complète : le second bain ne produisit aucune modification de l'équilibre vasculo-sanguin. Chez le quatrième chien, réfroidi de nouveau après deux heures et demie, le second bain provoqua seulement une crise hémoclasique ébauchée : la leucocytose, qui était de 12,400, fléchit à 9,800 au bout d'un quart d'heure pour se relever à 13,000 quinze minutes après et se maintenir dès lors autour de ce chiffre. Chez les deux derniers animaux, refroidis trois heures après la fin du premier bain, l'immunité avait cessé ; ils présentèrent un choc aussi net que s'ils avaient été soumis au froid pour la première fois.

Ces résultats, qui confirment l'identité du choc *a frigore* et des chocs produits par inoculation parentérale de substances hétérogènes, nous ont engagés à effectuer une dernière série d'expériences. Nous avons recherché si les animaux qui venaient de subir le choc *a frigore* présentaient l'immunité temporaire non seulement à l'égard d'un nouveau refroidissement, mais encore à l'égard d'un choc provoqué par une tout autre cause, le choc peptonique. Peu de temps après la fin du premier bain, et alors que l'équilibre vasculo-sanguin venait de se rétablir, nous avons donc soumis des chiens à l'injection intraveineuse d'une dose de peptone qui, chez les témoins non refroidis, produisait à coup sûr l'incoagulabilité sanguine. L'expérience, effectuée sur sept chiens, a fourni les résultats suivants. Trois fois, il n'y eut aucune immunité peptonique et l'injection de peptone produisit ses effets habituels, comme sur des chiens normaux. Quatre fois, par contre, l'immunité fut indiscutable.

Chez l'un des animaux, l'injection intraveineuse de 3^{cg} de peptone par kilogramme ne provoqua qu'un allongement insignifiant du temps de coagulation : 10 minutes au lieu de 6 minutes. Cette hypocoagulabilité fut de courte durée; recherchée 20 minutes après l'injection de peptone, elle avait déjà disparu. Chez trois autres chiens, l'injection de 4^{cg} de peptone par kilogramme qui, chez les témoins, rendait le sang totalement incoagulable pendant plus de 8 heures, ne produisit qu'une hypocoagulabilité partielle et temporaire. Le sang se coagula avec un retard de 12 minutes dans le premier cas, de 28 minutes dans le second, de 21 minutes dans le troisième, les caillots formés étaient complets et adhérents.

L'ensemble des résultats qui précèdent nous paraît concluant. L'exposition à un refroidissemeut étendu et intense suffit à provoquer, dans l'organisme normal, un choc de tout point comparable à ceux que déterminent

les injections parentérales de protéines hétérogènes; comme eux, il s'accompagne de la crise hémoclasique caractéristique; comme eux, il est suivi d'un état d'immunité temporaire, qui se manifeste non seulement à l'égard de la cause provocatrice elle-même, le froid, mais à l'égard d'une cause aussi différente qu'une injection intraveineuse de peptone. C'est là la démonstration expérimentale de cette conclusion à laquelle nous avait conduit l'étude de l'hémoglobinurie paroxystique, à savoir que les phénomènes de choc, que l'on n'avait observés jusqu'alors qu'à la suite des injections parentérales de protéines hétérogènes et qui semblaient traduire l'action d'une *toxicité* propre aux substances albuminoïdiques, relèvent en réalité d'un processus tout différent, puisqu'ils peuvent apparaître, en dehors de toute intervention de substance étrangère à l'organisme, sous la seule influence des modifications qu'un facteur physique, comme le froid, imprime à la constitution de nos humeurs. Ce processus, que nous avons appelé la *colloïdoclasie*, peut donc s'observer dans deux conditions différentes; à côté de l'*hétérocolloïdoclasie*, dans laquelle la rupture de l'équilibre colloïdal plasmatique est produite par la pénétration dans l'organisme de substances étrangères à sa constitution, il y a, comme nous l'avons déja dit ailleurs, une *autocolloïdoclasie*, résultant du simple déséquilibre de notre milieu intérieur colloïdal. Le choc *a frigore* est un exemple typique de cette autocolloïdoclasie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dédoublement catalytique de l'alcool allylique; action spéciale de divers oxydes.* Note [1] de MM. **Paul Sabatier** et **Bonasuke Kubota.**

Dans une Communication récente [2], nous avons défini dans quelles conditions générales se produit le dédoublement de l'alcool allylique par la chaleur en présence d'oxydes catalyseurs. Nous allons indiquer, dans la présente Note, les résultats obtenus spécialement avec chacun des oxydes étudiés.

Oxyde bleu de tungstène. — L'oxyde employé provenait de la réduction par l'hydrogène à 350° de l'anhydride tungstique, obtenu lui-même en précipitant le tungstate d'ammoniaque par l'acide nitrique, et déshydratant au-dessous de 400° le précipité bien lavé.

---

(1) Séance du 18 juillet 1921.

(2) P. Sabatier et B. Kubota, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 17.

C'est le plus actif de tous les catalyseurs essayés. Il fournit à 350° un dégagement rapide et très régulier de gaz, de composition peu variable.

L'analyse de l'un d'eux a fourni pour 100^{vol} :

	vol.
Propène	73,5
Éthylène	10
Anhydride carbonique	3
Oxyde de carbone	13,5

La densité mesurée par la vitesse de diffusion à travers un trou en mince paroi dans l'appareil de Bunsen, comparativement avec l'air, a été trouvée égale à 1,34. La densité calculée d'après la composition indiquée est 1,35.

Le volume d'eau condensée est double de celui du liquide surnageant. Celui-ci, qui est jaune d'or, passe à la distillation presque tout entier de 50° à 100° en un liquide incolore très irritant, formé d'alcool allylique, d'eau, d'acroléine et d'aldéhyde propylique.

Il passe, de 100° jusque vers 250°, un petit volume de liquide jaune verdâtre, qui laisse une faible queue brune : tous ces liquides possèdent une intense réaction aldéhydique, en même temps que l'essai au brome y révèle le caractère incomplet.

On retrouve sur le catalyseur une dose importante de noir de fumée très léger, corrélatif de la production d'hydrogène qui a changé en propène l'allène libéré par la réaction prépondérante de déshydratation. Il en résulte une diminution progressive très sensible de l'activité du catalyseur.

La petite proportion de produits liquides supérieurs montre que les réactions de crotonisation ont été très peu importantes.

Alumine. — Nous avons employé une alumine préparée en précipitant par l'ammoniaque le nitrate d'aluminium et desséchant à 400° le précipité bien lavé.

Le dédoublement de l'alcool allylique est très actif à 350° et donne un dégagement régulier de gaz très éclairants. L'analyse a fourni pour l'un d'eux, dans 100^{vol} :

	vol.
Propène	62
Éthylène	2
Anhydride carbonique	7

le reste étant de l'oxyde de carbone avec un peu d'hydrogène.

Les liquides condensés forment 2 couches inégales superposées. La plus abondante (à peu près les $\frac{3}{5}$ du volume total) est vert foncé et surnage une dissolution aqueuse incolore. Soumise au fractionnement, elle fournit au-

dessous de 100° environ le $\frac{1}{7}$ de son volume (alcool allylique, eau, acroléine, propanal). Près de $\frac{3}{7}$ passent de 100° à 200°, liquide jaune contenant des aldéhydes incomplètes et des hydrocarbures, parmi lesquels nous avons caractérisé le mésitylène (¹).

Le reste, soit un peu plus des $\frac{3}{7}$, distille de 200° à 260° en liquides verts de constitution analogue.

Le catalyseur n'est pas recouvert de noir de fumée; mais il a pris une teinte jaunâtre, et sa dissolution dans les acides laisse un résidu brun organique qui paraît analogue au *disacryle*.

La réaction de déshydratation qui conduit au propène [réaction (4)] est accompagnée de la réaction d'isomérisation (2), et en outre, les aldéhydes formées subissent d'une manière très intense les crotonisations qui fournissent la majeure partie des liquides condensés.

Thorine. — La thorine a été préparée à partir du nitrate de thorium commercial par précipitation à l'état d'oxalate et calcination de ce dernier à température peu élevée.

Son activité catalytique à 350° s'est montrée plus faible que celle de l'alumine et de l'oxyde bleu de tungstène : elle est accrue par l'élévation de température.

L'analyse d'un gaz dégagé a fourni pour 100^{vol} :

Propène	28^{vol}
Éthylène	11
Anhydride carbonique	11,5

Le reste étant de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène. Dans certains essais, la proportion d'anhydride carbonique a dépassé le tiers du volume total, cette formation correspondant à des doses importantes de charbon léger déposé sur l'oxyde.

On condense, au-dessus de la couche aqueuse incolore, un volume au moins triple d'un liquide jaune brun, qui donne au fractionnement des volumes à peu près égaux de 50° à 100°, de 100° à 150°, de 150° à 200° et de 200° à 300°, les caractères de ces fractions étant semblables à ceux des fractions correspondantes fournies par l'alumine.

La déshydratation fondamentale en propène [réaction (4)] est moins importante qu'avec l'alumine et surtout qu'avec l'oxyde de tungstène : les actions de crotonisation sont plus puissantes qu'avec ce dernier.

(¹) P. SABATIER et KUBOTA, *loc. cit.*, p. 21.

Zircone. — Nous avons employé une zircone préparée en précipitant le nitrate de zirconium par l'ammoniaque et desséchant l'hydrate au-dessous de 400°.

Son action sur l'alcool allylique à 350° fournit un dégagement régulier de gaz éclairants. Ils sont riches en hydrogène, et la proportion des carbures éthyléniques, absorbables par le brome, n'y dépasse pas 15 pour 100.

La proportion d'anhydride carbonique qui y remplace l'oxyde de carbone augmente avec la fatigue du catalyseur : dans un essai, elle a passé de 14 à 27 pour 100.

Au début de la catalyse, on condense au-dessus de l'eau chargée d'acroléine et d'aldéhyde propylique, un liquide bleu violacé, qui ne tarde pas à devenir vert par l'afflux de liquides jaunes.

Finalement, on recueille, au-dessus de la couche aqueuse, un volume à peu près double de liquide vert foncé, de constitution tout à fait comparable à celui que donne l'alumine.

La réaction (4) de déshydratation en propène est peu importante; mais il y a la réaction d'isomérisation (2), et l'action déshydratante de la zircone s'exerce surtout pour procurer la crotonisation des aldéhydes fournies par les réactions (1) et (2), et partiellement détruites avec dépôt de matières charbonneuses.

Oxyde uraneux. — Cet oxyde a été préparé en réduisant à 350° par les vapeurs d'alcool l'oxyde uranique jaune orangé qui provient de la calcination au bain de sable du nitrate d'uranyle.

Son action à 350° sur l'alcool allylique est assez semblable à celle de l'oxyde de tungstène, mais avec une activité beaucoup moindre.

Le gaz dégagé dans un essai contenait pour 100^{vol} :

Propène	75^{vol}
Ethylène	3
Anhydride carbonique	12
Oxyde de carbone	10

La densité mesurée par diffusion avec l'appareil de Bunsen a été trouvée égale à 1,45. La densité calculée d'après la composition du gaz était 1,43.

On ne condense que très peu d'eau au-dessous d'un liquide jaune, qui passe presque tout entier à la distillation au-dessous de 100°, et qui, à côté de beaucoup d'alcool allylique non modifié, contient de l'eau, de l'acroléine et de l'aldéhyde propylique avec de très faibles doses de produits de crotonisation. Parfois le liquide est homogène sans séparation de couche aqueuse, l'alcool demeuré intact dissolvant la totalité de l'eau produite.

La réaction prépondérante a été la déshydratation en propène.

Oxyde manganeux. — Cet oxyde a été obtenu dans le tube à catalyses lui-même, en réduisant, par l'hydrogène au-dessous de 400°, l'hydrate manganeux précipité plus ou moins peroxydé. C'est une poudre vert pâle. Il ne détermine, à 350°, qu'un dédoublement assez lent de l'alcool allylique, qui correspond surtout à la déshydrogénation en acroléine [réaction (1)] sans utilisation de l'hydrogène dégagé. L'acroléine engendrée est partiellement détruite en éthylène et oxyde de carbone qui subsiste, ou est changé en anhydride carbonique. Dans les gaz dégagés, la proportion d'hydrogène surpasse la moitié; celle des carbures éthyléniques ne dépasse pas 35 pour 100.

On recueille un liquide homogène brun clair, sans séparation de couche aqueuse : c'est de l'alcool allylique non transformé, tenant en dissolution de l'acroléine et de l'eau avec une petite dose de produits aldéhydiques jaunes distillant au-dessus de 100°, provenant, comme l'eau, de la crotonisation de l'acroléine.

Ainsi que permettait de le prévoir son action sur les alcools forméniques primaires [1], l'oxyde manganeux s'est montré très peu propre à catalyser les actions de déshydratation.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats à la place de Membre titulaire vacante au Bureau des Longitudes, par le décès de M. *Renaud*.

Pour la première ligne, M. Favé réunit l'unanimité de 34 suffrages.

Pour la seconde ligne, M. l'amiral Perrin réunit l'unanimité de 29 suffages.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne . . . . M. Louis Favé

En seconde ligne . . . . M. le vice-amiral Édouard Perrin

---

(1) P. Sabatier et Mailhe, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. 20, 1910, p. 315.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Hygiène, de l'Assistance et de la Prévoyance sociales** invite l'Académie à lui indiquer les mesures de précautions à prendre en vue d'éviter les dangers du *radium* et des *rayons X*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Auguste Collard. *L'Astronomie et les Astronomes.*
2° *Research and Methods of Analysis of Iron and Steel at* Armco.
3° Fédération française des sociétés de sciences naturelles : Office central de faunistique. *Faune de France : 2. Oiseaux*, par P. Paris. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)
4° Eugène Bloch. *Théorie cinétique des gaz.* (Présenté par M. P. Villard.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Formule de multiplication pour la fonction de Kummer*, $\Phi(\alpha, \gamma, x)$. Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

Nous désignons par $\Phi(\alpha, \gamma, x)$ la série

$$1+\frac{\alpha}{\gamma}\frac{x}{1}+\frac{\alpha(\alpha+1)x^2}{\gamma(\gamma+1)2!}+\ldots,$$

étudiée primitivement par Kummer, puis par MM. Barnes et Whittaker. C'est, comme on le sait, un cas limite de la fonction hypergéométrique de Gauss. Nous nous proposons d'établir pour cette fonction une formule de multiplication.

Considérons l'une des séries hypergéométriques à n variables de Lauricella :

$$F_D(\underline{\alpha}; \beta_1, \ldots, \beta_n; \underline{\gamma}; x_1, \ldots, x_n) = \sum_{m_1}\sum_{m_2}\cdots\sum_{m_n}\frac{(\alpha, m_1+m_2+\ldots+m_n)(\beta_1, m_1)\ldots(\beta_n, m_n)}{(\gamma, m_1+m_2+\ldots+m_n)(1, m_1)\ldots(1, m_n)}x_1^{m_1}\ldots x_n^{m_n},$$

que l'on peut écrire sous forme d'intégrale définie étendue à un champ con-

venable :

$$F_D = \frac{\Gamma(\gamma)}{\Gamma(\beta_1)\ldots\Gamma(\beta_n)\Gamma(\gamma-\beta_1-\ldots-\beta_n)}$$
$$\times\int\int\ldots\int u_1^{\beta_1-1}\ldots u_n^{\beta_n-1}(1-u_1-\ldots-u_n)^{\gamma-\beta_1-\ldots-\beta_n}(1-u_1x_1-\ldots u_nx_n)^{-\alpha}du_1\ldots du_n.$$

Écrivons à présent

$$\begin{aligned}(1-u_1x_1-\ldots-u_nx_n)^{-\alpha}&=(-1)^\alpha[-1+u_1x_1+\ldots+u_nx_n]^{-\alpha}\\&=[n-1-(1-u_1x_1)-\ldots-(1-u_nx_n)]^{-\alpha}(-1)^\alpha\\&=(-1)^\alpha\sum_{m_1}\ldots\sum_{m_n}\frac{(\alpha,\,m_1+\ldots+m_n)}{(1,\,m_1)\ldots(1,\,m_n)}\,\frac{(1-u_1x_1)^{m_1}\ldots(1-u_nx_n)^{m_n}}{(n-1)^{\alpha+m_1+\ldots+m_n}}.\end{aligned}$$

En portant dans l'expression de F_D, et comparant avec la fonction

$$\begin{aligned}F_B(\alpha_1,\,\ldots,\,\alpha_n;\,\beta_1,\,\ldots,\,\beta_n;\,\gamma;\,x_1,\,\ldots,\,x_n)\\=\sum\ldots\sum\frac{(\alpha_1,\,m_1)\ldots(\alpha_n,\,m_n)(\beta_1,\,m_1)\ldots(\beta_n,\,m_n)}{(\gamma,\,m_1+\ldots+m_n)(1,\,m_1)\ldots(1,\,m_n)}x_1^{m_1}\ldots x_n^{m_n},\end{aligned}$$

mise sous forme d'intégrale définie, on obtient la formule

$$\begin{aligned}F_D(\alpha;\,\beta_1,\,\ldots,\,\beta_n;\,\gamma;\,x_1,\,\ldots,\,x_n)\\=(-1)^\alpha\sum\ldots\sum\frac{(\alpha,\,m_1+\ldots+m_n)}{(1,\,m_1)\ldots(1,\,m_n)(n-1)^{\alpha+m_1+\ldots+m_n}}\\\times F_B(\beta_1,\,\ldots,\,\beta_n;\,-m_1,\,\ldots,\,m_n;\,\gamma;\,x_1,\,\ldots,\,x_n).\end{aligned}$$

Ceci posé, divisons x_i par β_i et faisons tendre tous les β vers l'infini. Le premier membre devient

$$\sum\ldots\sum\frac{(\alpha,\,m_1+\ldots+m_n)}{(\gamma,\,m_1+\ldots+m_n)}\,\frac{x_1^{m_1}\ldots x_n^{m_n}}{(1,\,m_1)\ldots(1,\,m_n)},$$

ce qui n'est autre chose que

$$\Phi(\alpha;\,\gamma;\,x_1+\ldots+x_n).$$

La fonction F_B du second membre devient

$$\sum_{\mu_1}\ldots\sum_{\mu_n}\frac{(-m_1,\,\mu_1)\ldots(-m_n,\,\mu_n)}{(\gamma,\,\mu_1+\ldots+\mu_n)}\,\frac{x_1^{\mu_1}\ldots x_n^{\mu_n}}{(1,\,\mu_1)\ldots(1,\,\mu_n)},$$

fonction qui, on le voit, s'obtiendrait aussi à partir de F_D où l'on ferait $\beta_i=-m_i$, et où, après division de x_i par α, on laisserait α croître indéfiniment. Désignons pour simplifier cette fonction par $\Phi_D(x_1,\,\ldots,\,x_n)$.

Faisons à présent tous les x_i égaux à x. Le premier membre devient

$\Phi(\alpha, \gamma, nx)$; quant à la fonction Φ_D, on trouve aisément sa valeur limite. En effet, la formule connue

$$F_D(\alpha, \beta_1, \ldots, \beta_n, \gamma, x, \ldots, x) = F(\alpha, \beta_1 + \ldots + \beta_n, \gamma, x)$$

montre que la fonction Φ_D considérée devient

$$\Phi(-m_1 - \ldots - m_n, \gamma, x);$$

d'où la formule

$$\Phi(\alpha, \gamma, nx) = (-1)^\alpha \sum_{m_1} \cdots \sum_{m_n} \frac{(\alpha, m_1 + \ldots + m_n)}{(1, m_1) \ldots (1, m_n)} \frac{\Phi(-m_1 - \ldots - m_n, \gamma, x)}{(n-1)^{\alpha + m_1 + \ldots + m_n}}$$

qui est une formule de multiplication pour la fonction Φ. On en tirerait une formule analogue pour la fonction $W_{k,m}$ de M. Whittaker, et pour tous les polynomes qui sont des cas particuliers de Φ : polynomes de Sonine, d'Hermite, de Laguerre, d'Abel, etc. Dans le cas où la fonction Φ considérée est un polynome, α étant un entier négatif, la série du second membre est limitée, et la fonction $\Phi(-m_1 - \ldots - m_n, \gamma, x)$ est un polynome du même type. La formule de duplication de la fonction de Kummer s'obtient pour $n = 2$:

$$\Phi(\alpha, \gamma, 2x) = (-1)^\alpha \sum_m \cdots \sum_n \frac{(\alpha, m+n)}{m!\, n!} \Phi(-m-n, \gamma, x).$$

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les systèmes triples orthogonaux.* Note de M. S. Carrus, présentée par M. G. Kœnigs.

Comme application de la méthode indiquée dans notre dernière Note, nous traiterons d'abord le cas où l'une des coordonnées y est fonction séparée des trois paramètres, ensuite le cas où l'une des coordonnées est indépendante d'un des paramètres.

I. Sans diminuer la généralité, on peut supposer

$$y = \rho_1 + \rho_2 + \rho_3.$$

Les fonctions y, λ, μ, ν [Note précédente [1]] satisfont aux équations des systèmes (1), (2)

$$(1) \qquad (\mu - \lambda) y_{12} = \lambda_2 y_1 - \mu_1 y_2,$$

$$(2) \qquad A\lambda_1 = B\mu_1 + C\nu_1$$

[1] *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 69.

avec

$$A = (\nu - \mu)(1 + \mu\nu).$$

Ici le système (1) se réduit à

$$\lambda_2 = \mu_1, \qquad \mu_3 = \nu_2, \qquad \nu_1 = \lambda_3,$$

λ, μ, ν sont donc les dérivées partielles d'une même fonction $\varphi(\rho_1, \rho_2, \rho_3)$. Le système (2) devient alors

$$(2) \qquad \begin{cases} A\varphi_{11} = B\varphi_{21} + C\varphi_{31}, \\ B\varphi_{22} = C\varphi_{32} + A\varphi_{12}, \\ C\varphi_{33} = A\varphi_{13} + B\varphi_{23} \end{cases}$$

avec

$$A = (\varphi_3 - \varphi_2)(1 + \varphi_3\varphi_2), \qquad B = (\varphi_1 - \varphi_3)(1 + \varphi_1\varphi_3), \qquad C = (\varphi_2 - \varphi_1)(1 + \varphi_1\varphi_2).$$

Ce sont trois équations du second ordre auxquelles satisfait la seule fonction $\varphi(\rho_1, \rho_2, \rho_3)$.

Cherchons les conditions de compatibilité et la solution.

Les équations (2) sont disposées de telle sorte qu'on peut en déduire trois valeurs de φ_{123}, au moyen des dérivées φ_{32}, φ_{13}, φ_{21}. En égalant ces trois valeurs deux à deux, on ne trouve que la seule condition

$$(3) \qquad \frac{\varphi_3 - \varphi_2}{\varphi_{32}} + \frac{\varphi_1 - \varphi_3}{\varphi_{13}} + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\varphi_{21}} = 0,$$

et l'une des équations qui donne φ_{123} peut s'écrire alors

$$\frac{\varphi_{123}}{\varphi_{23}} = \frac{\varphi_{13} - \varphi_{12}}{\varphi_3 - \varphi_2}.$$

Elle peut donc s'intégrer et donne

$$\varphi_{32} = (\varphi_3 - \varphi_2)\,L(\rho_2, \rho_3).$$

De même

$$\varphi_{13} = (\varphi_1 - \varphi_3)\,M(\rho_3, \rho_1),$$
$$\varphi_{21} = (\varphi_2 - \varphi_1)\,N(\rho_1, \rho_2).$$

L'égalité (3) devient

$$(3') \qquad \frac{1}{L} + \frac{1}{M} + \frac{1}{N} = 0,$$

ce qui donne pour L, M, N les expressions générales

$$\frac{1}{L} = \gamma - \beta, \qquad \frac{1}{M} = \alpha - \gamma, \qquad \frac{1}{N} = \beta - \alpha,$$

α, β, γ étant des fonctions de ρ_1, de ρ_2, de ρ_3 respectivement.

On a donc le nouveau système (4)

$$(4)\qquad \begin{cases} (\gamma-\beta)\,\varphi_{32}=\varphi_3-\varphi_2,\\ (\alpha-\gamma)\,\varphi_{13}=\varphi_1-\varphi_3,\\ (\beta-\alpha)\,\varphi_{21}=\varphi_2-\varphi_1.\end{cases}$$

Les systèmes (2), (4) donnent donc toutes les dérivées secondes de φ au moyen des dérivées premières.

En égalant les dérivées φ_{iij}, on obtiendra les seules nouvelles conditions

$$\alpha'=\beta'=\gamma'=-2.$$

Les deux systèmes de trois équations

$$(4')\qquad 2(\rho_2-\rho_3)\,\varphi_{23}=\varphi_3-\varphi_2,$$

$$(2', 4')\qquad (\varphi_3-\varphi_2)(1+\varphi_3\varphi_2)\,\varphi_{11}=(\varphi_1-\varphi_3)(1+\varphi_1\varphi_3)\,\varphi_{21}+(\varphi_2-\varphi_1)(1+\varphi_2\varphi_1)\,\varphi_{31}$$

donnant toutes les dérivées secondes de la fonction φ au moyen des dérivées premières sont donc entièrement compatibles. La solution générale dépend de quatre constantes arbitraires.

Résultats. — En désignant par φ une solution de ce système, on a

$$x=\varphi(\rho_1, \rho_2, \rho_3),\qquad y=\rho_1+\rho_2+\rho_3.$$

La troisième coordonnée z est donnée par les équations compatibles

$$x_i x_j+1+z_i z_j=0.$$

Exemple. — La fonction

$$x=\sqrt{\rho_1\rho_2\rho_3}$$

est solution des systèmes (2′), (4′). On en déduit

$$z=-\sqrt{(4+\rho_1)(4+\rho_2)(4+\rho_3)}.$$

Les trois familles du système triple orthogonal peuvent être représentées par l'équation

$$4\rho^3-4y\rho^2-\rho(x^2+z^2+16y+64)-4x^2=0.$$

Elles s'obtiennent en égalant à des constantes les trois racines de cette équation. Elles se composent toutes trois de paraboloïdes.

Plus généralement les deux systèmes de trois équations

$$(4'')\qquad \beta_1\gamma_1(\gamma-\beta)\,\varphi_{23}=\gamma_1\varphi_3-\beta_1\varphi_2,$$

$$(2'')\qquad (\gamma_1\varphi_3-\beta_1\varphi_2)(1+\gamma_1\beta_1\varphi_3\varphi_2)(\alpha_1\varphi_{11}+\alpha'_1\varphi_1)$$
$$=(\alpha_1\varphi_1-\gamma_1\varphi_3)(1+\alpha_1\gamma_1\varphi_1\varphi_3)\,\beta_1\varphi_{12}+(\beta_1\varphi_2-\alpha_1\varphi_1)(1+\beta_1\alpha_1\varphi_1\varphi_2)\,\gamma_1\varphi_{13}.$$

(les autres équations se déduisant par permutation circulaire des indices, de α, β, γ, de α_1, β_1, γ_1 et α, β, γ, d'une part, α_1, β_1, γ_1, d'autre part, étant des fonctions de ρ_1, de ρ_2 ou de ρ_3 liées par les relations

$$\alpha_1\alpha' = \beta_1\beta' = \gamma_1\gamma' = -2$$

sont entièrement compatibles. Elles conduisent au système triple

$$x = \varphi(\rho_1, \rho_2, \rho_3), \qquad y = -\frac{1}{2}(\alpha + \beta + \gamma),$$

z se déduisant des équations

$$x_i x_j + y_i y_j + z_i z_j = 0.$$

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une nouvelle propriété des corps faiblement conducteurs de l'électricité.* Note de M. **Lavoro Amaduzzi.**

M. G. Reboul a donné communication (¹) d'intéressantes observations qui selon lui révèlent une nouvelle propriété des corps faiblement conducteurs de l'électricité.

Au cours de certaines expériences il avait disposé dans la chambre noire une plaque photographique enveloppée de papier noir. Deux points de l'enveloppe ont été accidentellement en contact avec des conducteurs entre lesquels il y avait un différence de potentiel de 1000 volts; au développement la plaque s'est révélée fortement impressionnée.

Il a répété l'expérience dans de bonnes conditions : une plaque photographique est placée dans une boîte dont le couvercle laisse passer deux électrodes isolées à l'ébonite; sur la plaque est posée une feuille de papier noir (papier servant d'enveloppe aux plaques livrées par le commerce), sur cette dernière appuient deux électrodes présentant entre elles une différence de potentiel d'environ 1000 volts. Après une pose variant de 24 à 48 heures et après développement, on voit sur le cliché que les fibres du papier sont reproduites et que les lignes équipotentielles sont grossièrement dessinées.

En poursuivant cette étude, M. Reboul a trouvé que l'effet n'est pas dû à

(¹) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 1052; t. **172**, 1921, p. 210.

une simple action mécanique, ni à la seule présence de la feuille de papier ni à l'action d'un courant dérivé sur l'émulsion formant la couche sensible de la plaque, car il se produit encore quand il n'y a pas contact entre la plaque et la feuille de papier. Le passage du courant dans la feuille de papier est indispensable à la production de l'effet.

Puis, en cherchant les conditions que doit remplir un corps pour se comporter d'une manière analogue à celle de la feuille de papier noir, M. Reboul a été amené aux conclusions suivantes : pour que l'action sur la plaque se produise, il faut que le corps employé soit faiblement conducteur et qu'il soit hétérogène, ou présente des discontinuités superficielles.

Et en discutant deux hypothèses qui se présentent naturellement à l'esprit pour expliquer l'action produite sur la plaque, celle d'une action des gaz dégagés par une éventuelle électrolyse de l'eau ou des sels que contiennent les feuilles de papier ou les conducteurs employés, et celle d'une impression déterminée par des aigrettes ou des étincelles (analogues à celles du carreau étincelant), M. Reboul est porté à les rejeter. Il pense que tout se passe comme si les charges mises en jeu par le passage du courant provoquaient la formation, aux points où il y a discontinuité de résistance de chutes de potentiel, qui seraient suffisantes pour produire des décharges soit dans le corps, soit dans le milieu gazeux environnant. Les décharges seraient accompagnées d'un rayonnement de l'ultraviolet extérieur ou de rayons X très mous.

J'ai répété les expériences de M. Reboul en utilisant un dispositif qui élimine toute décharge de rupture entre la feuille de papier et les électrodes et en imprégnant la feuille de papier de différentes solutions salines. De cette manière j'ai pu noter quelques particularités nouvelles et constater que le passage du courant dans la feuille provoque une *force contre électromotrice de polarisation* qui fait naturellement penser à un processus électrolytique préliminaire dans la manifestation du phénomène, processus qui pourtant peut n'être accompagné d'aucune action apte à impressionner la plaque, mais seulement d'une action préparatrice à la dernière phase constituée peut-être des décharges particulaires invoquées par M. Reboul.

Il m'a aussi semblé de quelque intérêt, pour bien expliquer le phénomène, de tenter de révéler une action éventuelle d'un champ magnétique sur sa manifestation. J'ai provoqué une pareille manifestation sur un système adapté de telle manière qu'il pouvait être placé entre les pôles d'un puissant électro-aimant dont le champ restait excité pendant la manifestation. L'expérience se poursuivait pendant 24 à 30 heures et les solutions

dont s'imbibaient les feuilles de papier noir avant séchage ont été celles de chlorure de nickel et d'oxychlorure d'antimoine. L'impression obtenue montre que le champ exerce une action déformatrice des lignes d'impression grossièrement réassimilables aux lignes équipotentielles. Et l'on dirait que la déformation correspond à une rotation dans le sens du courant magnétisant pour l'oxychlorure d'antimoine et dans le sens contraire pour le chlorure de nickel. Mais, en raison de la faible netteté du phénomène, je veux maintenant m'abstenir d'une pareille assertion qui rappellerait tout de suite, comme analogie, un fait bien connu.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le potentiel minimum de décharge électrique dans l'hydrogène aux basses pressions*. Note de M. **Emmanuel Dubois**, présentée par M. Villard.

Les études concernant le potentiel minimum de décharge sont délicates aux basses pressions. La plupart des auteurs ne se sont pas placés suffisamment à l'abri des impuretés pouvant provenir, soit de la fabrication du gaz mis en œuvre, soit des gaz étrangers occlus dans les électrodes.

Nous nous sommes proposé d'étudier le potentiel minimum de décharge entre un fil et un cylindre de même axe, en évitant soigneusement les critiques ci-dessus énoncées. Nous avons essayé de construire les courbes $V(-) = f(p)$ et $V(+) = \varphi(p)$ donnant, en fonction de la pression p du gaz mis en œuvre, qui est de l'hydrogène pur, le potentiel minimum de décharge lorsque le fil est respectivement négatif ou positif.

Mais des irrégularités systématiques et considérables se sont montrées entre plusieurs séries de mesures consécutives.

En voici la cause : plaçons-nous à une pression déterminée et faisons débiter de l'électricité par le tube à décharges.

Si nous mesurons ensuite $V(-)$ et $V(+)$, nous trouvons des valeurs beaucoup plus élevées que les valeurs initiales, surtout pour $V(-)$. Balayons l'hydrogène de l'expérience précédente par de l'hydrogène neuf : les potentiels conservent leur valeur élevée. La modification du système n'est donc pas une transformation chimique du gaz baignant les électrodes. Ce sont les électrodes qui sont modifiées : sous l'action de la décharge, l'hydrogène les pénètre ; ce gaz, une fois introduit dans les électrodes, provoque l'élévation des potentiels objets de nos investigations. Pour le prouver, il suffit de chauffer le fil au rouge sombre dans le vide pendant

quelques minutes, puis de refaire une mesure à la pression primitive : on retombe sur les potentiels trouvés antérieurement au passage du courant.

Donnons un exemple : le fil est en platine, son diamètre de $0^{mm},3$; le cylindre est en nickel, son diamètre intérieur de 20^{mm}. La série de mesures est faite à une pression de $1^{mm},86$. Les potentiels initiaux sont : $V(-) = 260$, $V(+) = 365$ volts.

1° Après le passage d'un courant de 1 milliampère pendant 10 minutes, le fil étant cathode, ils deviennent respectivement 354 et 372 volts.

2° On fait alors le vide dans l'appareil pendant 30 minutes, tout en chauffant le fil au rouge; la mesure des potentiels après introduction de gaz neuf conduit à 262 et 365 volts, ce qui ne diffère pas sensiblement de la première mesure. Fait important, la modification subie par $V(-)$ est beaucoup plus grande que celle qui altère $V(+)$.

Après le passage de la décharge, une baisse de pression se manifeste dans le tube; cette baisse est en général petite et pourrait être attribuée à l'absorption du gaz par le verre de l'appareil; mais, dans le cas du palladium, elle ne laisse aucun doute, car elle est considérable. Par exemple, après 10 minutes d'une décharge de 1 milliampère, la pression était tombée de $1^{mm},86$ à $1^{mm},05$, et le gaz absorbé pouvait être en grande partie récupéré en chauffant le fil de palladium au rouge.

Nos expériences ont porté sur le platine, le palladium, le nickel, le cuivre et le fer; dans tous les cas examinés, l'augmentation de potentiel s'est montrée considérable pour $V(-)$ et très appréciable pour $V(+)$.

Cependant des expériences en cours, effectuées avec des fils de platine et de palladium, montrent que le phénomène n'est pas aussi simple que ne l'indiquerait notre hypothèse.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Potentiels critiques et spectres de bandes de l'azote.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. Villard.

Nous avons indiqué précédemment (¹) un dispositif permettant de déterminer directement par voie spectroscopique les potentiels de résonance ou d'émission des gaz. Le principe de la méthode consiste à photographier le spectre de la lumière émise sous l'effet des chocs électroniques par le gaz enfermé sous très faible pression dans une lampe de type spécial (type de la radiotélégraphie militaire française). La lampe comporte un filament de tungstène incandescent servant de cathode et une grille métallique jouant

(¹) L. et E. Bloch, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1380.

le rôle d'anode. En accroissant graduellement la différence de potentiel entre la cathode et l'anode, on arrive à trouver le potentiel critique pour lequel les chocs des électrons contre les molécules sont suffisants pour faire apparaître sur les clichés des raies déterminées. C'est ainsi que le potentiel d'apparition du spectre de bandes positif de l'azote (second groupe de Deslandres) a été fixé au voisinage de 12 volts, c'est-à-dire bien au-dessous du potentiel d'ionisation (18 volts environ).

La méthode précédente a été légèrement perfectionnée par la substitution, aux lampes du type de la radiotélégraphie militaire, d'une ampoule de grandes dimensions (10^{cm} de diamètre), munie de deux rodages verticaux diamétralement opposés. Le rodage supérieur porte un bouchon de verre où sont mastiquées deux tiges servant à l'amenée et au départ du courant de chauffage et au bas desquelles se fixe le filament de tungstène; le rodage inférieur guide la tige qui porte l'anode, celle-ci est en général un disque de laiton, faisant face au filament à distance réglable. L'ampoule est munie de deux regards diamétralement opposés dans le plan horizontal; l'un est fermé par une lame de verre, l'autre par une lentille de fluorine, qui forme l'image approchée de la région centrale sur la fente d'un spectrographe en quartz.

On fait le vide dans l'ampoule au moyen d'une pompe à mercure de Gaede, et si, pendant que le filament est incandescent, la pompe continue à tourner très lentement, on peut maintenir dans l'appareil, malgré les fuites, une pression d'air réglable entre certaines limites. Nous avons utilisé en général une pression de 4 centièmes de millimètre de mercure. Aux pressions plus faibles, le spectre du mercure masque plus ou moins celui de l'azote; aux pressions trop fortes, le potentiel critique peut n'être plus très bien défini.

Nous avons vérifié d'abord qu'avec ce dispositif, on retrouve bien pour le potentiel d'excitation des bandes positives de l'azote le nombre obtenu précédemment (12 volts). En fait, sous un potentiel légèrement supérieur à 12 volts, les raies du second groupe positif de Deslandres font leur apparition sur les clichés, d'abord du côté où se forme l'image de l'anode, puis elles vont en s'allongeant du côté du filament.

Il nous a semblé important de rechercher si le *spectre de bandes négatif* de l'azote prend naissance dans les mêmes conditions que le *spectre positif*, ou si, au contraire, comme diverses observations spectroscopiques l'ont suggéré depuis longtemps, ces deux spectres ont des véhicules différents et correspondent à des dépenses d'énergie inégales.

Pour décider ce point, nous avons porté notre attention sur la bande ultraviolette 3914 U. A. qui est la plus intense du spectre négatif de l'azote (Deslandres, Hemsalech) et qui est encadrée à courte distance par les deux bandes positives 3942 et 3894.

Dans aucun des clichés que nous avons recueillis autrefois sous des

potentiels variant de 12 à 20 volts, la bande 3914 n'est visible. Aussi avons-nous cherché à l'obtenir en accroissant les potentiels accélérateurs appliqués aux électrons. Sous des potentiels de l'ordre de 30 volts, la bande 3914 apparaît régulièrement et avec une intensité bien supérieure à celle des bandes positives qui l'encadrent. Il en est de même sous 26 et 24 volts. Des essais méthodiques faits entre 20 et 24 volts nous ont persuadés que la bande 3914 apparaît brusquement pour un potentiel critique bien défini et que nous estimons peu différent de 21,5 volts. Cette valeur est corrigée de diverses causes d'erreur, mais nous ne pensons pas qu'elle comporte une précision plus grande que 0,5 volt.

Quoi qu'il en soit, ce résultat démontre que le spectre de bandes négatif de l'azote apparaît sous un potentiel très supérieur au potentiel d'excitation du spectre positif, et un peu supérieur au potentiel d'ionisation généralement admis pour ce gaz. Il paraît naturel d'attribuer le spectre de bandes positif de l'azote à la molécule neutre Az_2, le spectre de bandes négatif à la molécule chargée positivement Az_2^+.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la conductivité de la solution de citrate cupriammonique comparée à celle du sulfate de cuivre.* Note de MM. **F. Beaulard de Lenaizan** et **L. Maury**, présentée par M. Paul Janet.

Nous nous sommes proposé d'étudier pour diverses concentrations le degré d'ionisation du citrate de cuivre ammoniacal en solution aqueuse et de comparer les résultats expérimentaux à ceux que l'on obtient avec les solutions de sulfate de cuivre, aucune détermination n'ayant été faite avec le sel cupriammonique. Ce travail nous a été suggéré à l'occasion d'un débat qui intéresse la viticulture : il s'agit de la toxicité des sels de cuivre et de leur action sur le mildiou. On s'est demandé si cette toxicité n'était pas liée à l'état de l'ion cuivre considéré comme ion libre dans le sulfate et comme ion complexe dans le citrate. Sans entrer dans un débat qui échappe à notre compétence, nous nous sommes bornés à mesurer la résistivité des solutions aqueuses des deux sels par la méthode classique du pont de Wheatstone, monté avec téléphone et actionné par des courants alternatifs. Nous avons opéré avec de l'eau distillée avec les précautions habituelles (distillation sur du permanganate de potassium et redistillation au contact du sulfate d'alumine). L'eau ainsi obtenue est loin d'être isolante, sa conductivité est encore notable et l'on en a tenu compte dans le cas des grandes dilutions salines.

Le citrate cupriammonique $Cu(AzH^4)^4(C^6H^5O^7)^2 + 2H^2O$ a été préparé par le procédé suivant : Précipiter à chaud par la potasse une solution de sulfate de cuivre, filtrer, laver le précipité, le traiter par une solution saturée d'acide citrique jusqu'à complète dissolution et ajouter de l'ammoniaque jusqu'à neutralisation.

Les résultats des expériences sont résumés dans le Tableau suivant :

	Cas du sulfate.		Cas du citrate.	
Teneur de la solution en cuivre (grammes par litre).	Conductivité de la solution.	Conductivité moléculaire.	Conductivité de la solution.	Conductivité moléculaire.
6,36	0,0093	0,093	0,0600	0,600
3,18	0,0062	0,134	0,0354	0,709
1,60	0,00358	0,143	0,0188	0,752
1	0,00246	0,156	0,0137	0,880
0,80	0,00220	0,175	0,0120	0,954
0,50	0,00151	0,191	0,0082	1,043
0,40	0,00124	0,197	0,00678	1,078
0,10	0,00043	0,285	0,00206	1,310
0,01	0,00005	0,312	0,00024	1,551
0,001	0,0000084	0,537	0,000031	1,974

Si l'on construit la courbe des conductivités en fonction des concentrations, on constate que quand la dilution croît la conductivité moléculaire augmente d'abord régulièrement, puis pour une concentration infiniment faible elle croît très rapidement; il est évident que dans cette région les impuretés de l'eau (sels dissous ionisés) et les ions de l'eau elle-même ont une influence prépondérante vis-à-vis des ions du sulfate ou du citrate. Si donc on veut avoir la conductivité pour une dilution infinie, il convient de prolonger la courbe quasi linéaire de la conductivité moléculaire jusqu'à l'axe des ordonnées; on a ainsi :

$$\lambda_\infty = 0,32 \text{ pour le sulfate}; \qquad \lambda'_\infty = 0,81 \text{ pour le citrate.}$$

Pour le sulfate la dissociation est complète à partir de 1^{mg} environ de cuivre par litre, soit 4^{mg} de sulfate. Pour le citrate la dissociation est complète à partir de 1^g environ de cuivre par litre, soit $8^g,5$ de citrate.

A concentration égale le rapport des degrés de dissociation doit être égal au rapport du nombre des ions dans le citrate et dans le sulfate, c'est-à-dire à $\frac{7}{3} = 2,33$. C'est ce qui résulte du Tableau suivant déduit des précédents :

Teneur en cuivre.	Degré de dissociation $\delta = \frac{\lambda}{\lambda_\infty}$. Sulfate de cuivre.	Citrate cuproammonique.	Rapport des degrés de dissociation.
6^g,36	0,290	0,740	2,55
3,18	0,419	0,864	2,06
1,60	0,446	0,928	2,08
1	0,487	1,086 (?)	2,21
		Moyenne	2,22

On peut donc conclure de ce qui précède que l'ionisation du citrate cupriammonique, tout comme celle du sulfate de cuivre, obéit à la règle d'Arrhénius et que l'ion cuivre est libre au même degré dans les deux sels.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Floculation du sulfure d'arsenic colloïdal. Influence de la dilution de l'électrolyte et de la quantité d'électrolyte.* Note de MM. **A. Boutaric** et **M. Vuillaume**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Par la méthode dont nous avons antérieurement donné le principe (1), nous avons étudié comment varie la vitesse de la floculation du sulfure d'arsenic colloïdal : 1° avec la concentration de la solution de l'électrolyte, la quantité d'électrolyte demeurant invariable; 2° avec la quantité d'électrolyte, celui-ci étant utilisé sous forme d'une dissolution de concentration constante.

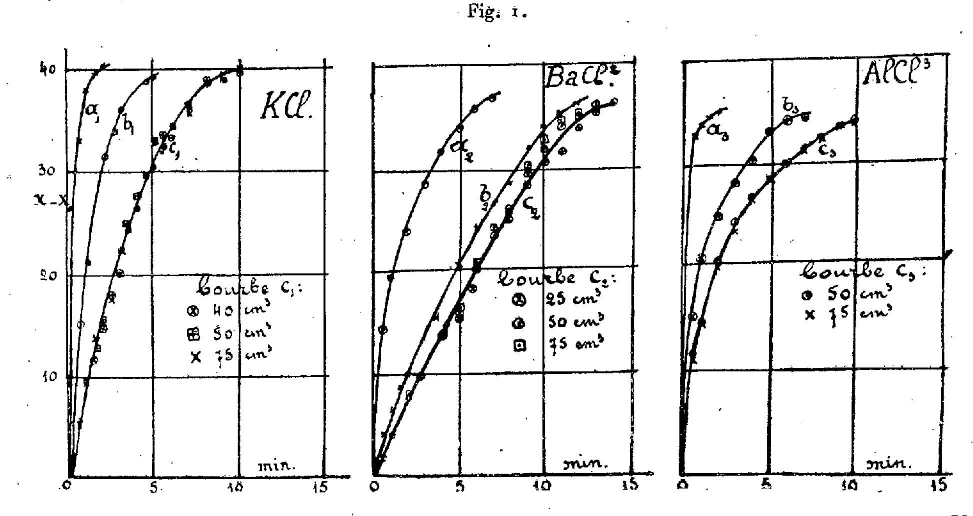
1. *Influence de la concentration de la solution de l'électrolyte.* — A 25^{cm^3} d'une solution de sulfure d'arsenic préparée à partir d'une solution d'anhydride arsénieux à 5^g par litre, ajoutons un certain volume d'eau de manière à obtenir v^{cm^3} de solution colloïdale. Dans ces v^{cm^3}, versons $(100 - v)^{cm^3}$ d'une solution aqueuse contenant une quantité déterminée et invariable d'un électrolyte. Nous formons ainsi 100^{cm^3} d'un mélange contenant une masse déterminée de colloïde et une masse également déterminée d'électrolyte. Néanmoins, la *vitesse de la floculation varie dans de grandes limites avec le volume* $100 - v$ *de la solution d'électrolyte ; elle diminue d'abord quand ce volume augmente pour tendre vers une limite lorsque la dilution de l'électrolyte atteint une certaine valeur.*

(1) A. Boutaric et M. Vuillaume, *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 1293.

C'est ce que montrent les courbes ([1]) de la figure 1 relatives à la floculation par K Cl, Ba Cl², Al Cl³.

La floculation par K Cl a été provoquée par 6$^{cm^3}$,5 d'une solution normale de K Cl diluée de manière que le volume 100 — v soit successivement : 10$^{cm^3}$ (floculation instantanée), 20$^{cm^3}$ (courbe a_1), 30$^{cm^3}$ (courbe b_1), 40$^{cm^3}$, 50$^{cm^3}$ et 75$^{cm^3}$ (courbe limite c_1).

Fig. 1.



La floculation par Ba Cl² a été provoquée par 3$^{cm^3}$,5 d'une solution $\frac{N}{50}$, diluée de manière que le volume 100 — v soit successivement : 3$^{cm^3}$,5 (courbe a_2), 10$^{cm^3}$ (courbe b_2), 25$^{cm^3}$, 50$^{cm^3}$ et 75$^{cm^3}$ (courbe limite c_2).

La floculation par Al Cl³ a été provoquée par 8$^{cm^3}$ d'une solution $\frac{N}{1000}$, diluée de manière que le volume 100 — v soit successivement : 8$^{cm^3}$ (courbe a_3), 25$^{cm^3}$ (courbe b_3), 50$^{cm^3}$ et 75$^{cm^3}$ (courbe limite c_3).

Ces résultats montrent que, pour comparer les vitesses de floculation par divers électrolytes, il est indispensable d'opérer sur chacun d'eux avec une solution d'électrolyte suffisamment diluée pour réaliser la courbe limite. Il ne semble pas que cette précaution ait été prise par les divers auteurs qui ont comparé les vitesses de floculation.

2. *Influence de la quantité d'électrolyte* (*à concentration constante*). — A 25$^{cm^3}$ d'une solution de sulfure d'arsenic préparée avec une solution

([1]) Dans les courbes de cette Note, les coefficients d'absorption représentés en ordonnées ont été ramenés à ce qu'ils seraient pour une épaisseur de colloïde égale à 1^{cm}.

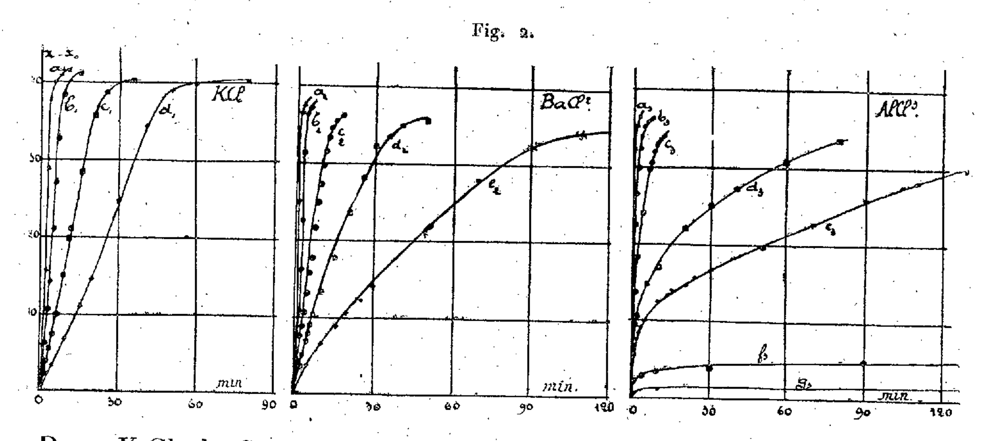
d'anhydride arsénieux à 5g par litre, ajoutons un certain volume d'eau de manière à obtenir v^{cm^3} de solution colloïdale.

Dans ces v^{cm^3} versons $(100 - v)^{cm^3}$ d'une solution d'électrolyte de concentration invariable. Nous obtenons ainsi 100^{cm^3} d'un mélange qui renferme une quantité invariable de colloïde et des quantités d'électrolyte proportionnelles à $100 - v$.

Dans tous les cas, *la vitesse de la floculation augmente avec la quantité d'électrolyte.*

C'est ce que montrent les divers groupes de courbes de la figure 2, relatifs à la floculation par KCl, $BaCl^2$ et $AlCl^3$.

Fig. 2.



Pour KCl, la floculation a été provoquée successivement par $53^{cm^3},1$ (courbe a_1), 50^{cm^3} (courbe b_1), $46^{cm^3},9$ (courbe c_1), $43^{cm^3},7$ (courbe d_1) d'une solution de KCl de concentration 0,16 N, versés respectivement dans $46^{cm^3},9$, 50^{cm^3}, $53^{cm^3},1$ et $56^{cm^3},3$ de solution colloïdale contenant 25^{cm^3} du colloïde type.

Pour $BaCl^2$, la floculation a été provoquée dans des conditions analogues, par $57^{cm^3},1$ (courbe a_2), 50^{cm^3} (courbe b_2), $42^{cm^3},85$ (courbe c_2), 40^{cm^3} (courbe d_2), $35^{cm^3},7$ (courbe e_2) d'une solution de $BaCl^2$ de concentration 0,0014 N.

Pour $AlCl^3$, la floculation a été provoquée par $56^{cm^3},25$ (courbe a_3), $52^{cm^3},1$ (courbe b_3), 50^{cm^3} (courbe c_3), $46^{cm^3},9$ (courbe d_3), $43^{cm^3},75$ (courbe e_3), $37^{cm^3},5$ (courbe f_3) et $31^{cm^3},25$ (courbe g_3) d'une solution de concentration 0,00016 N.

On remarquera, sur les divers graphiques, que l'absorption limite diminue légèrement avec la quantité d'électrolyte employée.

Nous avons également tracé, sans les reproduire dans cette Note, les

courbes qui représentent les coefficients d'absorption obtenus au bout d'un temps donné, en fonction de la concentration; ces courbes ont une allure parabolique, leur concavité étant tournée vers l'axe des coefficients d'absorption : le coefficient d'absorption croît plus vite que la concentration.

CHIMIE MINÉRALE. — *Combinaisons des dérivés halogénés du mercure et du thallium.* Note de MM. **J. Barlot** et **J. Pernot**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Note antérieure [1], l'un de nous avait déjà mentionné l'existence des dérivés halogénés mixtes du plomb et du thallium, et isolé ces nouveaux composés. Beaucoup de raisons permettaient de supposer que le mercure pouvait se comporter de façon analogue au plomb, et, en fait, en utilisant les mêmes procédés, il nous a été possible de préparer les chlorure, bromure et iodure doubles de mercure et de thallium.

C'est encore à l'observation microscopique que nous sommes redevables des premières indications sur l'existence des combinaisons mixtes, et, sans vouloir trop insister sur ce moyen d'étude qui doit être utilisé avec précaution en tenant compte des cas fréquents d'isodimorphisme et de déformation apparente des cristaux par suite du développement plus ou moins grand de certaines faces, nous sommes persuadés qu'il peut rendre d'immenses services dans de nombreux cas.

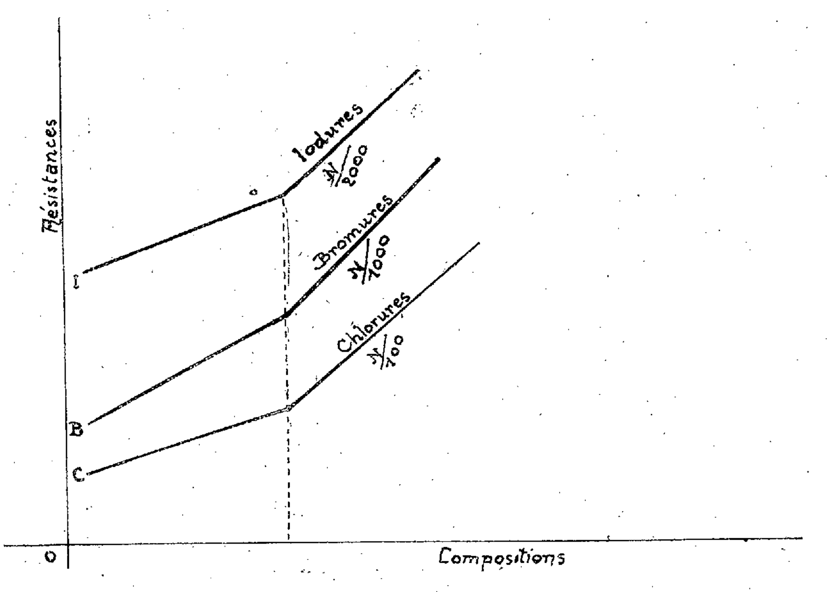
L'étude des conductivités électriques des solutions étendues renfermant les dérivés halogénés du mercure et du thallium en proportions variables nous a permis de préciser la formule des composés existant en solution. Cette étude a été faite en utilisant la méthode classique du pont de Kohlrausch fonctionnant avec courant alternatif; l'eau employée, de conductivité inférieure à 2.10^{-6} a été obtenue par la méthode des congélations successives.

Les expériences faites avec des solutions $\frac{N}{100}$ pour les chlorures, $\frac{N}{1000}$ pour les bromures, $\frac{N}{2000}$ pour les iodures, sont schématisées par les trois courbes ci-contre, obtenues en portant en ordonnées les résistances mesurées, et en abscisses les proportions croissantes de l'un des deux sels, celle de l'autre restant fixe. Les graphiques C, B et I présentent tous un seul point anguleux correspondant à une combinaison équimoléculaire.

---

(1) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 794.

Ces résultats étant acquis, il ne restait plus qu'à essayer de préparer ces combinaisons et à les identifier avec les corps observés microchimiquement; c'est en cela qu'a consisté la seconde partie de notre travail. La méthode de préparation, très simple, consiste à mélanger des dissolutions chaudes équimoléculaires, le sel double cristallise par refroidissement. Les corps



ainsi obtenus sont en général plus ou moins dissociables par l'eau, surtout à chaud, et il semble qu'il y aurait avantage à employer un excès d'un des constituants; pratiquement, nous n'avons pas obtenu par ce moyen de meilleurs résultats, les combinaisons mixtes étant très difficiles à séparer du constituant en excès par suite des solubilités très voisines des sels simples et du sel double. La solution serait aisée si l'on pouvait employer un dissolvant moins dissociant que l'eau, mais nos essais dans ce sens ont échoué, la plupart des centres dissolvants formant des combinaisons avec les sels halogénés.

Le chlorure double a déjà été signalé par Carstanjen [1], et préparé en dissolvant le chlorure thalleux dans une dissolution chaude de chlorure mercurique; il se présente sous forme de longues aiguilles soyeuses dont le système cristallin est difficile à déterminer.

Le bromure double est constitué par de très longues aiguilles formant un

---

(1) Carstanjen, *J. prakt. Chem.*, t. 102, 1867, p. 84 (Moissan, V, p. 474).

feutrage blanc; quant à l'iodure, il a un aspect floconneux et apparaît, sous le microscope, en cristaux bruns, très allongés, peut-être monocliniques. Le bromure et l'iodure doubles cristallisent anhydres, ainsi que l'indiquent les analyses faites sur des échantillons séchés dans le vide sulfurique.

Dosage du thallium.	Théorie pour 100.	Résultats pour 100.
Pour $HgBr^2$, $TlBr$	31,5	31,2
Pour HgI^2, TlI	25,9	25,5

Dans ces composés, nous avons eu à faire la séparation du thallium et du mercure; le procédé suivant, auquel nous nous sommes arrêtés après de nombreux essais, nous a donné d'excellents résultats; il repose sur le fait que le sulfure thalleux est facilement soluble dans les acides minéraux étendus, à l'inverse du sulfure mercurique.

Le sel double est transformé en un mélange de nitrates par l'acide nitrique étendu; on neutralise à peu près par l'ammoniaque et l'on précipite les deux sulfures par le sulfhydrate d'ammoniaque en excès; on filtre et le précipité est traité par l'acide nitrique à 10 pour 100; dans ces conditions, le sulfure de thallium seul se dissout; la liqueur, bouillie pour chasser l'hydrogène sulfuré, est neutralisée exactement par l'ammoniaque; on traite ensuite par l'iodure de potassium, et le thallium est pesé à l'état d'iodure thalleux. Un excès d'iodure de potassium n'est pas nuisible et diminue la solubilité de l'iodure de thallium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variations produites par les stabilisateurs dans le pouvoir catalytique des électroplatinosols.* Note [1] de M. A. de Gregorio Rocasolano, transmise par M. P. Sabatier.

L'étude de l'action du stabilisateur sur le pouvoir catalytique des colloïdes a un très grand intérêt, car, outre les raisons d'ordre théorique, les applications thérapeutiques des colloïdes dérivent de leur pouvoir catalytique, et comme les préparations colloïdales se trouvent stabilisées, il est intéressant de savoir quelle est l'action du stabilisateur sur le système.

Nous allons nous rapporter tout spécialement dans cette Communication au cas des électroplatinosols. Les stabilisateurs ont été le lysalbinate et le protalbinate de sodium, la gomme arabique et la gélatine.

---

[1] Séance du 18 juillet 1921.

Quel que soit le stabilisateur avec lequel on opère, le pouvoir catalytique de l'électroplatinosol, dans la décomposition de l'eau oxygénée, diminue par la présence du stabilisateur. Dans le cas du protalbinate de sodium, lorsque la dose du stabilisateur augmente, il arrive un moment pour lequel le pouvoir catalytique augmente aussi, mais ceci est dû, comme nous avons pu le démontrer expérimentalement, à ce que ce stabilisateur a une forte réaction alcaline, et c'est l'ion OH en présence, qui agit comme catalyseur, son action s'ajoutant à celle du colloïde.

Voici les nombres obtenus dans une série d'expériences avec un électroplatinosol de 0,004 de richesse pour 100, et en opérant à 35° :

Temps en heures.	Tant pour 100 d'eau oxygénée décomposée.					
		Concentration en protalbinate sodique pour 100000.				
	Témoin.	0,12.	0,60.	1,20.	6.	24.
24	28,4	22,3	26,5	30,1	31,2	33,5
120	70,4	52,8	63,5	68,5	68,8	72,6

Dans le cas du lysalbinate, comme les dissolutions de ce stabilisateur sont beaucoup moins alcalines que celles du protalbinate, on n'observe plus que la diminution du pouvoir catalytique du système, lorsqu'on opère avec des masses comme celles représentées dans la série ci-jointe :

Temps en heures.	Tant pour 100 d'eau oxygénée décomposée.					
		Concentration en lysalbinate sodique pour 100000.				
	Témoin.	0,12.	0,60.	1,20.	6.	24.
5	37,7	35,2	31,4	27,6	18,2	15,1
24	91,5	90,1	88,5	85,6	69,1	56,7

En utilisant comme stabilisateur du système la gomme arabique, on observe de la même manière que la présence du stabilisateur fait diminuer le pouvoir catalytique de l'électroplatinosol. Voici les nombres dans une série d'expériences :

Temps en heures.	Tant pour 100 d'eau oxygénée décomposée.					
		Concentration en gomme arabique pour 100000.				
	Témoin.	0,12.	0,60.	1,20.	6.	24.
16	58,9	58,4	52,4	50,8	44,2	34,2
68	93,4	92,1	90,8	88,2	77,2	67,7

Enfin si l'on stabilise au moyen d'une solution aqueuse de gélatine qui est, pour le colloïde que nous étudions, le stabilisateur de plus grand

pouvoir protecteur, la diminution du pouvoir catalytique est plus intense, comme le montrent les nombres suivants obtenus dans une des séries que nous avons étudiées :

	Tant pour 100 d'eau oxygénée décomposée.						
		Concentration en gélatine pour 100000.					
Temps en heures.	Témoin.	0,12.	0,60.	1,20.	6.	24.
30	85,3	66,3	43,3	35,5	25,6	24,5
72	97,4	92,0	83,1	70,4	43,9	37,4

On déduit des résultats que nous venons de citer, que le stabilisateur agit en atténuant le pouvoir catalytique des électroplatinosols et en exerçant avec les petites doses de protecteur une action efficace proportionnellement beaucoup plus grande, ce qui semble démontrer que c'est dans ces petites doses que se trouve l'effet utile maximum. Même si la dose de stabilisateur augmente, le pouvoir catalytique varie très peu, à tel point que la ligne représentative dans cette région est sensiblement parallèle à l'axe des abscisses sur lequel est compté la masse du stabilisateur en présence. Ceci semble démontrer qu'il existe une dose de stabilisateur, audessus duquel l'activité du colloïde ne se modifie pas sensiblement.

Un colloïde stabilisé est un système d'état colloïdal plus persistant ou plus parfait, si l'on peut parler ainsi, et cependant son pouvoir catalytique est plus petit que celui du même système non stabilisé.

Cette conséquence démontre qu'il ne faut pas chercher, strictement parlant, l'interprétation du pouvoir catalytique des colloïdes, comme dérivé de son état colloïdal; car la stabilité la plus parfaite de cet état a comme conséquence, pour le colloïde, une diminution de son pouvoir catalytique.

Le pouvoir catalytique du colloïde, et dans le cas qui nous occupe des électroplatinosols, réside dans la constitution chimique de la micelle comme nous croyons l'avoir démontré, les expériences actuelles n'étant que de simples arguments en faveur de nos idées.

A notre avis, l'état colloïdal a comme caractéristique un processus d'évolution chimique constante qu'on n'observe pas dans des systèmes d'un autre degré de dispersion, et le stabilisateur agit en freinant le processus évolutif selon un mécanisme encore inconnu : l'un des effets de cette plus grande stabilité est, sans doute, la diminution du pouvoir catalytique du système.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur un appareil pour l'analyse industrielle des gaz.* Note [1] de M. G. **Andoyer**, présentée par M. Charles Moureu.

Cet appareil a été réalisé dans l'intention de corriger quelques défauts des instruments classiques de Hempel et d'Orsat, dont il dérive, et de réunir leurs qualités respectives : On y retrouve la simplicité de construction du premier et son universalité; et, de même que l'appareil d'Orsat, le nouvel instrument, dont les différents accessoires se peuvent placer dans une boîte, est robuste et transportable, permettant ainsi d'effectuer facilement les analyses partout où la nécessité s'en fait sentir. On y a supprimé la rampe à robinets multiples, fragile et coûteuse, enfin la précision des résultats est accrue par l'absence de tout espace nuisible.

L'appareil se compose :

1° D'un tube mesureur gradué en dixièmes de centimètre cube, entouré d'un manchon d'eau et portant une tubulure à chaque extrémité. La tubulure inférieure est unie par un tuyau de caoutchouc à un vase de niveau rempli d'eau salée. La tubulure supérieure, de petit diamètre intérieur, est soudée latéralement à un robinet à trois voies qui constitue l'origine de la graduation.

La construction spéciale du robinet permet une étanchéité durable, une manœuvre facile et précise de l'appareil et l'élimination, entre chaque absorption, du réactif engagé dans le canal et le boisseau.

La seconde voie horizontale du robinet est soudée à un petit entonnoir; la troisième, qui prolonge le boisseau à sa partie inférieure, est libre.

2° De pipettes-laboratoires du modèle primitif d'Orsat, en même nombre que les différents réactifs susceptibles d'emploi; et de deux tubes intermédiaires, permettant, l'un la combustion par explosion, l'autre la combustion sur amiante platinée ou palladiée.

L'analyse s'effectue de la façon suivante :

Le gaz est introduit dans le mesureur par la tubulure inférieure du robinet, et mesuré. Cette même tubulure est ensuite unie par un joint de caoutchouc, avec, successivement chaque pipette laboratoire :

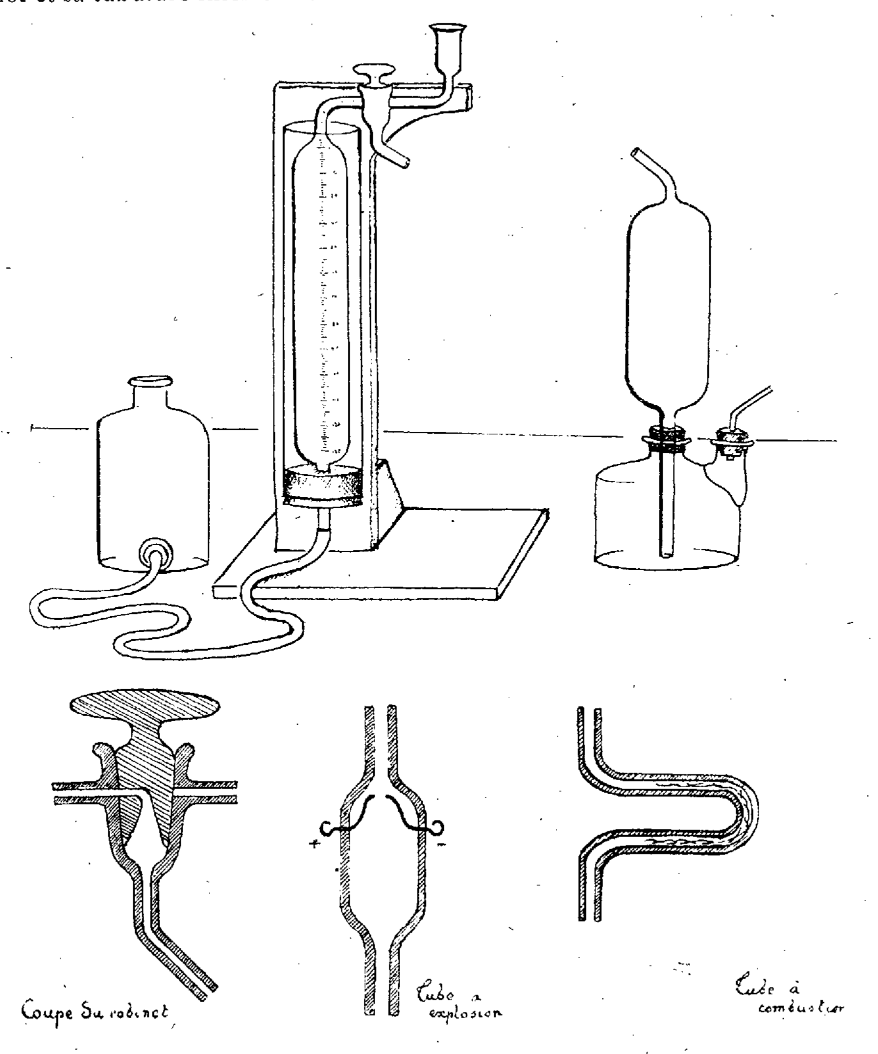
La pipette étant en communication avec l'entonnoir du robinet, par le jeu de la clef, le réactif est refoulé dans le laboratoire, par pression buccale ou autre, jusqu'à ce qu'il remplisse le canal de la clef et le bas de l'entonnoir.

On effectue alors l'absorption suivant le mode ordinaire, après avoir établi la communication entre la pipette et le mesureur; puis le gaz est renvoyé dans ce dernier, le réactif devant alors remplir exactement le canal du robinet.

---

[1] Séance du 11 juillet 1921.

On détache la pipette, mais avant de passer à la suivante on doit éliminer en versant un peu d'eau dans l'entonnoir, le réactif qui demeure dans celui-ci, dans le robinet et sa tubulure inférieure.



On fait agir de la même façon tous les réactifs dont l'emploi est prévu.

Pour effectuer une combustion on intercale entre la tubulure inférieure du robinet et une pipette laboratoire, soit le tube à explosion, dont les électrodes sont unies à une petite bobine d'induction, soit le tube à amiante métallisée, que l'on chauffe à l'aide d'une petite flamme, tout en faisant circuler plusieurs fois le gaz entre la pipette et le mesureur.

La durée de ces opérations est du même ordre de grandeur que le temps nécessaire à la manœuvre de l'appareil d'Orsat.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les sulfonations en présence d'iode*. Note de M. V. **Auger** et M[lle] **M. Vary**, présentée par M. A. Béhal.

Sulfonation de l'acide benzoïque. — M. Maarse [1] a obtenu, par sulfonation simple ou en présence de catalyseurs tels que SO^4K^2 ou SO^4Ag^2, un mélange des isomères *m.* et *p.* contenant environ 85 parties de ce dernier; en présence de SO^4Hg il a constaté en outre la formation de l'isomère *o.* dans la proportion de 0,7 pour 100. MM. J. Nath. Ray et M. Lac Dey [2], en effectuant cette sulfonation en présence d'une petite quantité d'iode, auraient obtenu le seul isomère ortho. Nos résultats ont été différents, principalement en ce qui concerne la formation de l'acide *o.*sulfoné.

La sulfonation simple, effectuée avec SO^4H^2 à 94 pour 100, 100 pour 100, ou contenant 20 pour 100 de SO^3, nous a constamment fourni un mélange des trois isomères, dans lequel l'acide *o.*sulfonique représentait environ 1 pour 100 du total. En opérant en présence d'iode, les résultats ont été les mêmes, aussi bien au point de vue quantitatif que qualitatif.

Maarse a recherché l'isomère ortho par deux méthodes : 1° le goût sucré de la saccharine formée par l'action de NH^3 sur les chlorures d'acides; 2° la formation d'acide salicylique par fusion alcaline du mélange. Nous pensons que ces deux réactions sont, ou trop délicates à exécuter, ou peu sensibles, et nous avons employé une autre méthode pour cette recherche. Le mélange d'acides a été chauffé à 140° avec son poids de phénol et quelques gouttes de SO^4H^2, puis on a évalué, par colorimétrie en solution alcaline, la quantité de phénolsulfone-phtaléine formée, par comparaison avec une opération effectuée de même avec un mélange contenant une quantité connue d'acide *o.*sulfonique pur.

Au cours de ces vérifications, nous avons eu occasion de prendre le point de fusion de l'acide *m.*sulfobenzoïque : 133°. L'amide de cet acide, $C^6H^4(SO^2NH^2)(CONH^2)$, fond à 176° et non pas à 170° comme il a été indiqué par Limpricht et Uslar.

Sulfonation de la pyrocatéchine. — MM. J.-N. Ray et M.-L. Dey, en effectuant la sulfonation en présence d'iode, auraient obtenu l'isomère sulfoné en 4, tandis que M. H. Cousin [3] n'a obtenu, par sulfonation

---

(1) Maarse, *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, t. 33, 1914, p. 207.
(2) J. Nath. Ray et M. Lac Dey, *Journ. ch. Soc. Lond.*, t. 117, 1920, p. 1405.
(3) H. Cousin, *Comptes rendus*, t. 117, 1893, p. 113.

simple, que l'isomère 3. Les expériences effectuées par nous, aussi bien en présence qu'en absence d'iode, ont constamment fourni le seul isomère 3, mélangé d'acide disulfoné 3.4, facile à séparer à cause du peu de solubilité de son sel de baryum. Nous avons constaté en outre que le sel de baryum de la pyrocatéchine sulfonique 3, chauffé avec un excès d'eau de baryte, fournit un précipité cristallin d'un *sel basique* $[C^6H^4O^2SO^3Ba]^2Ba, 4H^2O$, très stable à l'air.

Les expériences de MM. J.-N. Ray et M.-L. Dey ont porté sur 18 composés aromatiques, qu'ils ont traité par SO^4H^2 en présence d'iode; nous avons fait porter notre vérification sur les deux substances qui leur avaient fourni la preuve la plus nette de l'action catalysatrice ou dirigeante pour le groupe sulfo, exercée par ce métalloïde; devant nos résultats en contradiction formelle avec ceux qu'ils ont annoncés, et sans aller plus loin, nous nous croyons fondés à douter fortement de l'exactitude des autres résultats, et même d'une action quelconque de l'iode dans les sulfonations effectuées comme il a été dit par ces auteurs.

LITHOLOGIE. — *Sur l'éruption d'une andésite à hornblende dans l'archipel Malais.* Note de M. **H.-A. Brouwer.**

La roche d'une île volcanique qui s'est élevée au-dessus de la mer au cours d'une éruption sous-marine à l'ouest de Mahengetang (îles Sangi) est tout à fait exceptionnelle parmi les produits récents des volcans de l'archipel Malais qui sont presque tous des andésites à pyroxène ou des basaltes. C'est une andésite à hornblende, sans pyroxène, dans laquelle la hornblende verte forme de nombreux phénocristaux, non résorbés, qui, avec des phénocristaux de plagioclase zonés, principalement du labrador, riches en inclusions vitreuses à bulle gazeuse, sont englobés dans une pâte très riche en verre. La teneur en SiO^2 est de 59,4 pour 100.

L'éruption a commencé le 3 avril 1919 par de violentes explosions, accompagnées d'éclairs et de fortes détonations. Plus tard, une nouvelle île s'est élevée au-dessus du cratère sous-marin. M. Stikkel, commandant du vapeur *Flamingo*, qui passait près du volcan, le 4 novembre 1919, constatait que le volcan était tranquille et que la nouvelle île, d'un diamètre d'environ 70^m, s'élevait jusqu'à une hauteur de 10^m à 12^m au-dessus du niveau de la mer. Cette île était presque entièrement composée de blocs de lave, qui probablement forment la partie supérieure d'un dôme.

Le phénomène de la formation de dômes volcaniques, depuis longtemps connu au volcan Merapi (Java), a été observé dans ces dernières années dans d'autres volcans de l'archipel Malais; j'ai étudié les roches de ceux du volcan Galunggung (Java) et du volcan Ruang (îles Sangi). Mais toutes ces roches sont des andésites à hypersthène et augite, dans lesquelles la hornblende fait défaut, tandis que ce minéral est abondant dans les enclaves homœogènes, souvent à gros grain, qui constituent des cristallisations du même magma, effectuées dans des conditions physiques différentes. Ces enclaves contiennent des plagioclases et de la hornblende, brune ou verte, avec ou sans augite, hypersthène, magnétite et olivine; un verre renfermant des microlites se trouve dans plusieurs échantillons, remplissant les interstices des minéraux précédents. La hornblende est parfaitement intacte dans plusieurs enclaves des bombes et lapilli, tandis que celle des enclaves des dômes montre des phénomènes de résorption souvent intenses.

La différence très marquée entre la composition minéralogique des enclaves à hornblende et celle de la roche englobante peut être considérée comme la conséquence d'une cristallisation assez complète des parties supérieures du magma où la teneur en matériaux volatils et la température assez basse ont favorisé la cristallisation de l'amphibole, tandis que ce minéral était instable à de plus grandes profondeurs à des températures plus élevées. Nous supposons, qu'après les paroxysmes, le magma dépourvu de cristaux de hornblende est sorti de l'orifice en englobant des fragments de sa croûte à peu près solidifiée. Dans les nouvelles conditions de pression, brusquement diminuée, et de haute température de la roche englobante, la hornblende est devenue instable, c'est pourquoi elle est plus ou moins résorbée dans les enclaves des dômes où la lave a pu conserver une température élevée pendant un temps plus grand que dans les produits de projections. Ces derniers se sont solidifiés beaucoup plus vite et la hornblende de leurs enclaves est souvent parfaitement intacte.

Cette observation concorde avec celles qui ont été faites depuis longtemps par M. A. Lacroix dans divers centres volcaniques et notamment dans ceux d'Auvergne.

La composition minéralogique exceptionnelle de l'andésite à hornblende de la nouvelle île peut être en relation avec des conditions physiques différentes, qui résultent du caractère sous-marin du volcan.

Le caractère non résorbé de la hornblende et l'extrême richesse en verre de la pâte peuvent être une conséquence du refroidissement brusque de la lave au contact avec l'eau de mer. La cristallisation de la hornblende peut

avoir été favorisée par les conditions suivantes. D'abord la pression subie par le magma était plus élevée que celle existant sur le magma des volcans subaériens, à cause du poids de l'eau. Dans notre cas, toutefois, le cratère n'est pas à une très grande profondeur au-dessous du niveau de la mer et par suite l'augmentation de la pression n'a pas dû être très considérable. Mais le magma emprunte une certaine quantité de gaz aux parois de la cheminée, parce que l'eau de mer s'infiltre à travers le cône (la richesse en matériaux volatils du magma pendant la cristallisation est démontrée par l'extrême abondance des inclusions gazeuses dans les phénocristaux des plagioclases); la température de cristallisation est abaissée par ces matériaux volatils dissous, les minéraux stables à des températures plus basses peuvent ainsi cristalliser. Toutes ces conditions, une pression plus forte, une température de cristallisation plus basse et l'abondance de matériaux gazeux, favorisent la cristallisation de la hornblende au lieu de celle des pyroxènes.

GÉOLOGIE. — *Les mouvements post-sahéliens et leur influence sur la morphologie dans la zone prérifaine du R'arb septentrional (Maroc).* Note de M. **Léon Lutaud**, présentée par M. Émile Haug.

La région des nappes prérifaines, dont j'ai récemment étudié les particularités tectoniques (¹), a été presque entièrement recouverte par la mer sahélienne. Les dépôts qui s'y sont formés se composent, d'une manière générale, de sables jaunes ou roux avec bancs de galets qui, localement, peuvent prendre beaucoup d'importance. Ils s'enfoncent plus à l'ouest et au nord-ouest, soit sous des grès plaisanciens analogues à ceux de Rabat, soit sous les alluvions des plaines du bas R'arb.

Depuis le Sahélien, tout le pays a été surélevé, et cette surrection, dans la région du djebel Sarsar et plus à l'est, a probablement dépassé 600^m. En tout cas, des lambeaux du Sahélien se trouvent conservés à plus de 450^m d'altitude dans le massif de Mzoufroun.

La surrection de la zone prérifaine du R'arb septentrional a été suivie d'une importante dénudation et, en l'état actuel, les dépôts sahéliens ont été presque entièrement enlevés dans la partie nord et est, tandis qu'ils sont encore bien représentés dans la région moins élevée qui s'abaisse vers les plaines du bas R'arb.

(¹) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1510 et 1666.

L'action de l'érosion permet de voir que le Sahélien repose tantôt directement sur les argiles grises helvétiennes, tantôt sur les terrains de la nappe prérifaine. Ces derniers, à l'époque de la transgression sahélienne, formaient encore un ensemble d'un seul tenant dans la partie nord-est ; mais, au sud et à l'ouest, la nappe était en partie morcelée, probablement par une dénudation post-helvétienne et anté-sahélienne.

L'étude des dépôts sahéliens montre en outre très nettement que ceux-ci ont été affectés par une série de plissements à grand rayon de courbure qui, dans la région que j'ai parcourue, sont de direction générale NW-SE : de plus, ils se relèvent axialement du NW vers le SE.

Ils peuvent être considérés comme des ondulations posthumes, dernière phase des mouvements orogéniques intenses qui ont plissé et déversé vers l'extérieur les terrains de l'arc rifain. Ces plissements post-sahéliens ont eu un rôle directeur très net dans l'évolution morphologique de la région.

L'érosion pliocène et quaternaire a décapé les zones anticlinales et l'action des eaux courantes y a vigoureusement affouillé les argiles grises sous-jacentes. Celles-ci, par contre, n'ont pas été atteintes par l'érosion dans les zones synclinales qui, occupées soit par les formations très perméables du Sahélien, soit par les terrains plus résistants de la nappe, sont restées en saillie. Il en résulte que l'*inversion du relief* est le trait marquant de la morphologie générale du pays.

On peut reconnaître, en partant de la plaine de l'oued Sebou jusqu'à Mzoufroun, deux zones anticlinales post-sahéliennes alternant avec deux zones synclinales :

1° Une première bande anticlinale que l'on peut suivre depuis l'oued Rdat au sud-est et qui se termine périclinalement vers Lalla Mimouna au nord-ouest. Elle est bordée au sud-ouest par une corniche monoclinale du Sahélien (dj. Dbibane et dj. Dall). L'érosion y a largement mis à nu les argiles grises et parachevé le morcellement de la nappe. C'est la zone des klippes. Elle est suivie par une inflexion synclinale secondaire, à peu près médiane, qui a permis la conservation de quelques lambeaux sahéliens (plateau de Had Kourt).

2° Une première zone synclinale, que nous suivrons du NW vers le SE, borde au NE la région précédente. Les dépôts sahéliens y ont été conservés depuis le nord de Lalla-Mimouna jusqu'aux ruines de Basra et Sidi bou Mlid. Au delà, par suite du relèvement axial vers le SE, le Sahélien a été enlevé presque complètement et il est relayé par l'important massif en recouvrement de Sidi-Ameur el Hadi, dont la position synclinale est très nette.

3° La deuxième bande anticlinale est plus énergiquement plissée que la première. Elle a été également décapée par l'érosion : toutefois, plus éloignée du niveau de base de la région, elle a été moins complètement déblayée. On peut la suivre depuis

Sidi Abdallah Bassal (à 8^{km} WSW d'Arbaoua) jusqu'au sud du massif de Mzoufroun. Les dépôts sahéliens y ont presque entièrement disparu. De Sidi Abdallah jusqu'à Bir el Assess, on suit une dépression anticlinale creusée dans les argiles dans laquelle des lambeaux de recouvrement forment un relief en chapelet (cotes 196, 188, etc.). Plus à l'est, la nappe est moins morcelée (Nador, Semma); cependant l'érosion y a creusé plusieurs petites « fenêtres » qui laissent apparaître les argiles grises. Au delà, l'oued Mda a creusé sa haute vallée sur l'anticlinal et a déblayé partiellement une vaste fenêtre, au milieu de laquelle subsistent de nombreux lambeaux de la nappe. Ceux-ci se montrent souvent fortement plissés et repliés dans les argiles grises. Ce sont là des mouvements indépendants des ondulations post-sahéliennes; ils sont anté-sahéliens et ont dû accompagner ou suivre de près la progression même de la nappe.

4° Au delà, vers le NE, apparaît la deuxième zone synclinale, assez étroite. Le dj. Sarsar et le massif de Mzoufroun y forment deux importants reliefs en recouvrement, reliés par un pédoncule. Leur position synclinale est assez bien marquée par le fait, qu'indépendamment de l'allure des mouvements anté-sahéliens que l'on y peut observer, ils se relèvent dans leur ensemble aussi bien vers le SW que vers le NE, au-dessus des argiles grises.

Il est probable que les mouvements post-sahéliens se continuent encore vers le NE, dans la région que je n'ai pu explorer en 1918.

Les ondulations que nous venons d'étudier se relèvent axialement vers le SE et s'abaissent vers le NW. Mais ce mouvement n'est pas régulier et progressif. Il s'accompagne d'inflexions axiales secondaires qui affectent à la fois les bandes anticlinales et synclinales suivant une direction NE-SW, et forment ainsi de petites aires de surélévation et d'ennoyage perpendiculaires à la direction des plis. Je ne signalerai que la zone d'abaissement axial qui se poursuit depuis la région à l'est d'Arbaoua jusqu'à l'ouest de Souk el Arba du R'arb. Elle a été en grande partie empruntée par le cours moyen de l'oued Mda qui s'y engage à angle droit en aval de Sidi Abbou. Une très remarquable cuvette alluviale marque en ce point l'intersection de la bande synclinale avec la zone d'abaissement axial des plis.

Pour quiconque fait de l'analyse morphologique, le complément nécessaire des études tectoniques, il apparaîtra clairement que le travail de l'érosion dans le R'arb prérifain met pleinement en valeur les phénomènes de recouvrement et fournit des arguments décisifs contre la notion du Trias intrusif. En suivant, en effet, le détail de l'affouillement par les eaux courantes, il devient manifeste que les affleurements de Trias, que l'on rencontre si souvent à la base du Nummulitique et du Burdigalien et au-dessus des argiles grises, sont en relation étroite avec ce seul affouillement et que leur répartition ne peut s'expliquer autrement.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur la découverte, au Sénégal, de deux fruits fossiles appartenant aux genres* Kigelia *D. C. et* Nipadites *Bowerb.* Note de M. **P.-H. Fritel**, transmise par M. Costantin.

M. H. Hubert a bien voulu me communiquer deux fruits fossiles rencontrés au Sénégal, dans des couches attribuées à l'Éocène moyen. L'un de ces fruits a été trouvé sur le sol, devant la Résidence, à Nianing. M. Hubert qui, le premier, en a signalé la présence, l'avait rapporté, mais avec doute, au genre *Kigelia*. Ce fossile appartient bien à ce genre et ne peut être distingué par aucun caractère saillant des fruits du *Kigelia pinnata* D. C., arbre de la famille des Bignoniacées, appelé vulgairement *saucissonnier*, à cause de la forme de ses fruits, et qui croît actuellement dans toute l'Afrique tropicale.

Le fossile est représenté par un moule silicifié reproduisant tous les détails extérieurs du fruit; on distingue à sa surface deux forts sillons longitudinaux, dus vraisemblablement à une déchirure de son enveloppe au moment de la fossilisation. Mutilé à sa partie inférieure, ce fruit, dans son état d'intégrité, pouvait mesurer 30^{cm} de longueur, son diamètre étant de 7^{cm}-8^{cm} à la base et de 6^{cm} au sommet. Vu sa très grande ressemblance avec les fruits de l'espèce mentionnée ci-dessus, je propose, pour ce fossile, le nom de *Kigelia præpinnata*.

Jusqu'à présent, la famille des Bignoniacées, à laquelle appartient le genre *Kigelia* n'était représentée, à l'état fossile, que par des empreintes de feuilles dont la détermination générique est extrêmement douteuse et rapportées plus ou moins arbitrairement aux genres *Bignonia*, *Bignoniophyllum*, *Jacaranda*, *Tecoma* et *Catalpa;* la feuille se rapportant à ce dernier genre a été d'ailleurs postérieurement réunie au genre *Aristolochia* sous le nom d'*A. cordifolia* Newberry.

Le fruit recueilli par M. H. Hubert est donc jusqu'à présent le seul représentant authentique de la famille des Bignoniacées, non seulement à l'époque tertiaire, mais à l'état fossile.

Le second fruit récolté au Sénégal, à Bargny m'bote (4^{km} est de Rufisque) appartient au genre *Nipadites;* ce genre, très répandu dans l'Éocène moyen d'Europe : en Angleterre, à Sheppy, en Belgique, en France et en Italie, au Monte Bolca, où il est représenté par des fruits, de volume très variable, pour lesquels Massalongo créa les genres *Castellinia*, *Paloeskeura* et *Fracastoria*, qui doivent lui être réunis à titre de synonymes, se

retrouve en Amérique, dans l'Éocène inférieur de Grenada County (Missisipi) et en Afrique, aux environs du Caire, dans les couches de Mokattam.

Le fruit de Bargny m'bote peut être identifié au *N. Burtini* Brongnt.; sa découverte au Sénégal étend notablement l'aire de répartition géographique de cette espèce.

CYTOLOGIE. — *Sur les éléocytes de* Perinereis cultrifera (*Grube*). Note de M. **Marc Romieu**, transmise par M. Edmond Perrier.

J'ai exposé, dans un travail récent (¹), le résultat de mes observations sur le liquide cœlomique de la *Perinereis cultrifera*, passant en revue de façon précise les différentes formes de leucocytes que j'ai eu l'occasion d'y rencontrer et attirant spécialement l'attention sur les grandes cellules bourrées de gouttelettes graisseuses qui remplissent le cœlome lors de la maturité sexuelle. Ces cellules me paraissent d'autant plus dignes de remarque que certains auteurs les ont confondues avec des ovocytes en voie d'accroissement. J'ai montré les caractères différentiels très nets qui permettaient de les en distinguer et j'ai constaté de plus leur présence chez les mâles où on les voit se presser en foule autour des spermatogemines.

Je ne crois pas qu'il y ait lieu de parler, comme l'a fait A. Dehorne à propos de la *Nereilepas fucata* (²) de *corps graisseux*, ni de distinguer comme lui pour établir un parallélisme étroit avec les Insectes, deux sortes de cellules graisseuses. Il s'agit ici d'éléments libres dans le cœlome, de leucocytes chargés de graisse, comme l'avait vu, il y a déjà longtemps, Racovitza ches les femelles de *Micronereis variegata* Clap. (³).

Ces cellules méritent, comme je l'ai montré, d'être rapprochées des *éléocytes*, découverts par Picton chez la *Polymnia nebulosa* (⁴) et observés par Kollmann chez plusieurs autres espèces et dénommées par lui *cellules adipo-*

(¹) Marc Romieu, *Observations cytologiques sur les leucocytes de* Perinereis cultrifera Gr. (*C. R. Congrès Assoc. Anat.*, Paris, 1921).

(²) A. Dehorne, *Sur le corps graisseux de* Nereilepas fucata (*C. R. Ass. franç.*, 43ᵉ session, Le Havre, 1914).

(³) E. Racovitza, *Sur le rôle des amibocytes chez les Annélides polychètes* (*Comptes rendus*, t. 120, 1895).

(⁴) Picton, *On the hearth body and cœlomic fluid of certain Polychæta* (*Quart. Journ. micr. sc.*, vol. 41, 1898).

sphéruleuses (¹). Le terme d'*éléocyte* doit, à mon sens, être conservé, car il possède la priorité et a de plus été appliqué par divers auteurs à des éléments semblables qu'on rencontre chez les Oligochètes, également à l'état libre dans le cœlome.

Les éléocytes des *Perinereis cultrifera* sont de grandes cellules de 40^{μ} en moyenne, sphériques ou ovoïdes lorsqu'elles ne sont pas déformées par le contact des cellules voisines qui remplissent la cavité du corps. Elles semblent entourées d'une fine membrane légèrement basophile et possèdent un noyau arrondi où la chromatine se présente en grains très fins. Le noyau est toujours dépourvu de nucléole. Le cytoplasme montre seulement à la périphérie ou dans presque toute son étendue une structure alvéolaire très délicate. J'ai vu que ces alvéoles étaient remplis sur le vivant par de fines gouttelettes d'un jaune verdâtre qui donnent sa teinte spéciale au liquide cœlomique. Ces gouttelettes sont formées par une graisse que j'ai pu colorer par le Soudan III et par l'acide osmique. Ce dernier réactif leur donne d'emblée une couleur très foncée indiquant leur richesse en graisses non saturées. Dans la paroi des alvéoles j'ai vu très nettement de fines granulations qui sont des mitochondries.

Dans les éléocytes de *Perinereis*, j'ai découvert la présence constante d'inclusions cristallines très particulières. Ces cristaux se présentent tout d'abord comme des octaèdres minuscules de 2^{μ} à 5^{μ} qu'on voit grandir et s'allonger pour devenir très aigus. Leurs angles s'émoussent ensuite et ils finissent par prendre la forme de *corps en fuseaux* striés longitudinalement à leur surface. J'ai vu que ces cristaux étaient susceptibles de se gonfler et de se déformer comme le font souvent les cristaux albuminoïdes qu'on nomme en général des *cristalloïdes*. Lors de la période d'accroissement des éléments génitaux, j'ai constaté que tous les éléocytes sans exception qui remplissent le cœlome renferment plusieurs de ces inclusions cristallines.

J'ai étudié par un grand nombre de réactifs les réactions colorantes de ces cristaux et j'ai vu qu'ils se comportaient comme des corps franchement acidophiles. Ils se montrent, par exemple, colorés en rose brillant par l'éosine et les éosinates de bleu et d'azur, en rouge cuivré par le triacide. J'ai vu de plus qu'ils pouvaient se teindre avec électivité par la safranine et surtout par l'hématoxyline au fer. J'ai cherché par quelques réactions microchimiques à me faire une idée de leur nature. J'ai pu obtenir la réaction xantho-protéique, ce qui me permet de conclure qu'il s'agit d'une

(¹) M. Kollmann, *Recherches sur les leucocytes et le tissu lymphoïde des Invertébrés* (*Thèse Science*, Paris, 1908).

substance protéique qui doit jouer un rôle de réserve à rapprocher des cristaux décrits par Hollande dans les cellules adipeuses des chenilles de Vanessa [1].

Les éléocytes contiennent souvent à côté des cristaux des sphérules oxyphiles plus ou moins volumineuses et comparables à celles que Dehorne a décrites chez *Nereilepas*. Sur les jeunes éléments j'ai toujours observé des granulations très fixes en général situées au voisinage du noyau. Sphérules et granulations sont fortement éosinophiles et présentent les mêmes réactions que les cristaux. Sur quelques individus examinés avant la maturité sexuelle, je n'ai pas trouvé de cristaux, mais seulement des sphérules.

Pour ce qui est de l'origine des éléocytes en général, Cuénot admet qu'il s'agit sans doute de leucocytes transformés. Son opinion me paraît très vraisemblable et plusieurs arguments me semblent plaider en sa faveur. Tout d'abord, c'est le haut pouvoir phagocytaire que présentent les jeunes éléocytes.

Comme Cuénot l'avait constaté pour les éléocytes d'*Allolobophora* [2], j'ai vu que les éléocytes jeunes de *Perinereis* sont capables d'englober les grains de carmin. J'ai observé de plus, spécialement par la méthode de Mann, au bleu de méthyle-éosine, des images très nettes et très fréquentes de phagocytose des petits granulocytes éosinophiles par ces cellules comme si un tactisme particulier attirait les jeunes éléocytes vers la substance éosinophile qu'ils accumuleront plus tard sous forme de réserve cristallisée. Or les éléocytes les plus âgés possèdent une membrane comme ceux des Oligochètes, et leur pouvoir phagocytaire semble indiquer qu'ils dérivent des amibocytes.

J'ai observé de plus des leucocytes particuliers qui constituent peut-être des formes de passage entre les petits granulocytes éosinophiles typiques et les éléocytes. Ces leucocytes que j'ai désignés sous le nom de *granulocytes vacuolaires* ont une taille intermédiaire entre celle des éosinophiles et des éléocytes jeunes. Ils ont un cytoplasme nettement alvéolaire. Les granulations éosinophiles sont plus rares et de taille inégale. Certaines sont volumineuses et sont déjà de véritables sphérules; d'autres se présentent déjà sous une forme cristallisée.

Ainsi les éléocytes représenteraient une forme d'évolution des granulo-

---

(1) C. Hollande, *Formations endogènes des cristalloïdes albuminoïdes et des urates des cellules adipeuses des chenilles de Vanessa Io et urticæ* (*Arch. Zool. exp.*, t. 53, 1914).

(2) L. Cuénot, *Études physiologiques sur les Oligochètes* (*Arch. biol.*, t. 15, 1898).

cytes avec surcharge graisseuse. Il est peu probable qu'une évolution régressive soit possible, car j'ai toujours constaté la dégénérescence vacuolaire du noyau des éléocytes les plus volumineux.

On voit donc qu'il n'y a pas lieu de ranger, comme l'a fait Kollmann dans son remarquable travail, les Néréides dans la catégorie des Annélides ne possédant que des amibocytes ordinaires.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'origine et le rôle des cellules à réserves de la cavité générale chez* Perinereis cultrifera *(Gr.) et* Perinereis Marioni *(Aud. et Edw.) et sur la différenciation précoce de leurs œufs.* Note de M. R. **Herpin**, transmise par M. Edmond Perrier.

En comparant le contenu de la cavité générale de diverses *Perinereis cultrifera* (Gr.) atoques et épitoques, j'ai constaté une variation de ce contenu en rapport avec la métamorphose.

Les observations qui suivent ont été faites sur du liquide cœlomique obtenu par ponction et examiné, dilué dans l'eau de mer, soit à l'état frais, soit après fixation de quelques minutes aux vapeurs osmiques. Fauvel (¹) a déjà fait remarquer qu'alors que le développement des lamelles parapodiales ne commence qu'au printemps, on trouve déjà des femelles bourrées d'œufs dès l'hiver et même l'automne précédent.

Des examens d'individus atoques, recueillis au mois de mars, m'ont prouvé que, dès cette époque, on trouve déjà des femelles possédant des oocytes reconnaissables. Leur diamètre est compris entre 25^{μ} et 40^{μ}; ils contiennent de nombreux sphérules noircissant aux vapeurs osmiques. Ils se distinguent facilement de cellules plus petites (ne dépassant pas 20^{μ}) et contenant des sphérules plus petits et noircissant également aux vapeurs osmiques.

Ces dernières cellules que je qualifierai de *cellules à réserves* n'ont pas été signalées par Kollmann (²) chez les *Nereis*. Elles sont probablement comparables aux cellules *adipo-sphéruleuses* que ce même auteur décrit chez quelques Annélides sédentaires. Dans un travail en cours d'impression, de Romieu adopte le nom d'*éléocytes*, déjà employé par Picton.

(¹) Fauvel, *Annélides polychètes pélagiques provenant des campagnes de l'*Hirondelle *et de la* Princesse-Alice (*Résultats scientifiques des campagnes du Prince Albert Iᵉʳ de Monaco*, fasc. 48, 1916, p. 99).

(²) Kollmann, *Recherches sur les leucocytes et le tissu lymphoïde des Invertébrés* (*Ann. Sc. nat.*, 9ᵉ série, t. 8, 1908).

A la même époque on trouve également de grosses femelles dont les œufs ont un diamètre dépassant 200^{μ} et dont les lamelles parapodiales commencent à se développer. On peut donc en conclure que les premières ne seraient devenues épitoques que l'an prochain.

En juillet, les *Perinereis cultrifera* atoques, de petite taille et sans produits sexuels reconnaissables, présentent des cellules à réserves de dimensions variées : les plus grandes, pouvant atteindre 30^{μ} de diamètre, sont très riches en sphérules adipeux; les autres, plus petites (certaines ne dépassent pas 12^{μ}), possèdent des réserves moins abondantes. N'y aurait-il pas là un commencement de différenciation des œufs et des cellules à réserves. Si cette hypothèse se vérifiait, il s'ensuivrait que le développement des œufs durerait deux ans !

En plus de ces jeunes individus, on rencontre en juillet de grosses femelles atoques dont les œufs ont un diamètre compris entre 60^{μ} et 120^{μ}. On trouve également des *Perinereis* de taille moyenne sans produits sexuels différenciés et qui sont probablement de futurs mâles devant devenir épitoques l'an prochain.

Dans les jeunes individus atoques, les cellules à réserves paraissent peu cohérentes et sont pour la plupart isolées. Dans les femelles atoques ou subépitoques, les cellules à reserves adhèrent entre elles ainsi qu'aux œufs, formant parfois de volumineux amas. Chez les mâles, elles adhèrent également aux spermatogonies. Lorsque la métamorphose est complètement achevée, ce qui se reconnaît à l'apparition des soies à palettes dans les segments postérieurs, les cellules à réserves sont devenues moins nombreuses et se rencontrent de nouveau isolées. Celles des femelles ne contiennent plus qu'un ou deux globules adipeux. Chez les mâles, la disparition des réserves est moins complète. Chez les deux sexes, l'emploi de l'encre noire Antoine, après fixation aux vapeurs osmiques, met en évidence de larges lacunes. Nous sommes donc fondés à conclure, ainsi que Kollmann l'a fait pour le *Carcinus mœnas* (L.), que les réserves disparues ont servi, du moins en partie, à la nutrition des produits sexuels.

L'étude de divers stades de *Perinereis Marioni* (Aud. et Edw.) nous a conduit aussi aux mêmes conclusions.

Chez les individus atoques, le liquide cœlomique contient de nombreux lymphocytes arrondis de diamètre inférieur à 10^{μ}. Ils sont tantôt isolés, tantôt agglomérés entre eux ou avec les cellules à réserves; ils deviennent rares lors de la métamorphose. Certains d'entre eux présentent des pseudopodes filiformes tout en conservant la forme arrondie.

J'ai rencontré aussi de très nombreux amæbocytes fusiformes ou arqués,

libres ou fixés sur des oocytes. Ces dernières observations ayant été faites sur des individus soumis au jeûne depuis plusieurs jours et dont la vitalité était bien diminuée, il ne semble pas s'agir ici d'un phénomène normal. Peut-être par la sécrétion de quelque diastase, les amœbocytes venaient-ils digérer les réserves des œufs; peut-être aussi était-ce un simple phénomène d'agglutination.

Chez les *Perinereis* atoques, j'ai rencontré diverses fois des lymphocytes chargés de fins granules; chez les jeunes individus on rencontre des intermédiaires entre ces lymphocytes et les cellules à réserves. Il est donc fort probable que ces dernières proviennent de certains lymphocytes.

En résumé, l'étude du contenu de la cavité générale de *Perinereis cultrifera* et de *Perinereis Marioni* nous a montré :

1° Que les cellules à réserves proviennent probablement des lymphocytes.

2° Qu'elles ont pour fonction principale de nourrir les produits sexuels en voie d'élaboration.

3° Que le développement des œufs est extrêmement lent et demande plus d'une année. Il précède de beaucoup la métamorphose externe, laquelle, pour *Perinereis cultrifera*, s'opère en deux mois environ.

4° La présence d'éléments sexuels, particulièrement d'œufs, dans une Annélide n'est donc pas une preuve que cet animal soit adulte, ainsi que l'avait affirmé Giard (¹) à propos de la *Wartelia gonotheca*.

C'est en partant de cette idée fausse que l'on a pu décrire comme espèces et même genres nouveaux certains stades postlarvaires.

L'*Amphitrite præcose* de de Saint-Joseph (²) pourrait fort bien n'être qu'un stade postlarvaire de quelque Térébellien. Ses longues soies, loin d'être un signe d'épitoquie, pouvant n'être que des soies larvaires. De même Korschelt et J. Bonnier ont démontré que, malgré ses œufs, le *Paractius mutabilis* de de Saint-Joseph (³) n'était qu'une larve d'*Ophryotrocha puerilis*. Mais, alors que J. Bonnier (⁴) expliquait la coexistence de carac-

(¹) Giard, *Sur les* Wartelia, *genre nouveau d'Annélides considérés à tort comme des embryons de Térébelles* (*Comptes rendus*, t. 86, 1878, p. 1147).

(²) De Saint-Joseph, *Annélides polychètes de la rade de Brest* (*Ann. Sc. nat.*, 8ᵉ série, t. 10, 1899, p. 185).

(³) De Saint-Joseph, *Annélides des côtes de Dinard* (*Ann. Sc. nat.*, 7ᵉ série, t. 5, 1888, p. 240, et t. 20, 1895, p. 210).

(⁴) J. Bonnier, *Sur l'appareil maxillaire des Eunicéens* (*Comptes rendus*, t. 116, 1893, p. 524).

tères larvaires et de produits sexuels par un phénomène de néoténie ou bien de progénèse, il pourrait se faire que, de même que chez les Néréidiens, il ne s'agisse que d'un développement extrêmement lent des œufs, lequel ici débuterait dès la vie larvaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Extraction et nature de la substance sulfhydrigène dans les graines de certaines Papilionacées.* Note de M. **Marcel Mirande**, présentée par M. Guignard.

Dans deux Notes précédentes (2 et 9 mai 1921), j'ai attiré l'attention sur des graines de la famille des Papilionacées qui ont la curieuse propriété de produire une autofermentation sulfhydrique. Parmi ces graines, quelques-unes sont d'un usage alimentaire courant et j'ai mis notamment en lumière la production de H^2S par les *Lathyrus* (*sativus* et *Cicera*) qui provoquent l'intoxication connue sous le nom de *lathyrisme*. J'ai montré que l'autofermentation des graines concassées et humectées se produit entre les températures de 35° et 55° environ, s'arrêtant à la température moyenne de coagulation des matières albuminoïdes; au delà de cette température on n'obtient le dégagement de H^2S que par l'ébullition dans l'eau et surtout dans l'eau acidulée.

J'ai extrait de quelques-unes de ces graines, et principalement de celles du *Lathyrus sativus*, de la manière suivante, une substance productrice de H^2S.

Les graines, réduites en farine grossière avec un simple moulin à café, sont épuisées par l'éther, qui extrait notamment des matières grasses et un pigment jaune; elles sont ensuite épuisées par l'alcool à 96°, qui extrait également un pigment jaune clair. La farine est mise ensuite, pendant plusieurs heures, en macération dans de l'eau distillée, puis filtrée sur coton de verre, reprise encore par un peu d'eau une ou deux fois et, finalement, fortement pressée dans un nouet de toile. Toutes ces eaux, après repos et décantation, sont traitées par l'acétate neutre de plomb (formule de Courtonne) et filtrées ensuite après repos; le précipité plombique est riche en matières protéiques (albumines et globulines).

Dans le filtrat, l'excès de plomb est précipité par un courant de H^2S ou bien par de l'acide sulfurique à 20 pour 100, employé en quantité exactement nécessaire. Après repos, nouvelle filtration.

On peut déjà constater que ces liquides, surtout s'ils sont légèrement acidulés par HCl, donnent, à l'ébullition, un dégagement de H^2S. Placés à l'étuve, entre 35° et 40°, ils donnent, comme la farine elle-même, quoique moins vivement, une autofermentation sulfhydrique, dont on peut se rendre compte en saupoudrant ces liquides, au

préalable, avec un peu de bioxyde jaune de mercure : cette poudre devient noire ou noirâtre, au bout de quelques heures, par suite, apparemment, du dégagement spontané de H^2S au sein du liquide.

Les liquides, obtenus par les procédés ci-dessus, donnent, sous l'action du sulfate d'ammoniaque concentré, sous l'action de l'alcool ou bien par la chaleur, un précipité floconneux que l'on recueille sur un filtre. Il est remarquable de constater que, par la chaleur, la coagulation est obtenue à la température voisine de 55° qui est exactement celle où se fait encore, mais où cesse bientôt, l'autofermentation sulfhydrique des graines concassées. Si le précipité est obtenu par la chaleur ou par l'alcool, il est irréversible.

La substance blanche, amorphe, ainsi obtenue, chauffée à l'ébullition dans l'eau et surtout dans l'eau acidulée, dégage de l'acide sulfhydrique. Elle donne aussi, à l'étuve, entre 35° et 40°, en quelques heures, le dégagement spontané de H^2S : une démonstration simple de ce fait consiste à placer des morceaux de papier-filtre, légèrement enduits de la pâte de la substance et saupoudrés de bioxyde jaune de mercure, dans un flacon bouché; au bout de quelques heures, la poudre d'oxyde de mercure devient noire.

La substance ainsi extraite paraît donc être celle ou l'une de celles qui, dans les graines, produit le dégagement spontané de H^2S.

Cette substance donne, d'une manière très vive, la réaction de Millon, la réaction xanthoprotéique, la réaction du biuret, la réaction furfurique et la réaction glyoxylique, c'est-à-dire toutes les réactions principales caractéristiques des protéines.

La substance mère de H^2S, dans les graines des *Lathyrus* et autres Papilionacées à autofermentation sulfhydrique semble donc être une protéine.

Cette substance, après avoir dégagé tout le H^2S qu'elle peut fournir, contient encore du soufre; elle donne toujours une forte réaction au plombite de sodium. La farine, d'ailleurs, après avoir dégagé son H^2S, contient encore une forte proportion de soufre.

On sait déjà que les matières protéiques contiennent une partie de leur soufre, sous forme plus ou moins labile, dans les molécules cystine et cystéine où entre le groupe sulfhydryle HS; on ne connaît pas, je crois, la combinaison sulfurée, qui contient le reste du soufre, et peut-être même tout le soufre labile n'est-il pas contenu uniquement dans les molécules cystiniques.

Quoi qu'il en soit, la substance qui, dans les graines de certaines Papilionacées, et en particulier, dans les graines de Gesses, donne spontanément, au contact de l'eau, le dégagement de H^2S, semble être une protéine particulière, qui laisse se dégager spontanément, sous forme de H^2S, la partie labile du soufre qu'elle contient.

HISTO-PHYSIOLOGIE. — *La localisation du glycogène dans le foie et les muscles des chiens nourris en vue de la production maximale de cette réserve.* Note de Mme **Z. Gruzewska** et M. **Fauré-Frémiet**, présenté par M. Henneguy.

Si après un jeûne prolongé on soumet les chiens à un régime spécial, le glycogène du foie augmente beaucoup. L'historique de la question a été traité par E. Pflüger dans le dictionnaire de C. Richet.

Nous ajouterons seulement qu'on est arrivé à produire de cette façon la quantité énorme de glycogène de 18 pour 100 du foie frais (1) (on en trouve en moyenne de 1 à 3 pour 100 du poids frais du foie).

En reprenant ces expériences, nous avons cherché à contrôler les données chimiques par les observations histologiques en précisant la localisation du glycogène dans le foie et les muscles.

Les animaux ont été soumis au régime suivant : après un jeûne de 8 à 9 jours, ils ont reçu pendant 5 jours 100^g à 150^g de viande de cheval (d'après leur poids), autant de riz et de sucre. Tous les chiens ne donnent pas de résultats satisfaisants, il n'y a que les animaux jeunes qui supportent ce régime et réagissent bien. Les chiens dont nous nous sommes servis ont été pris au hasard.

Au point de vue histologique (2) nous avons utilisé la technique classique de coloration à la gomme iodo-iodurée, après fixation par le liquide de Sauer. Nous avons fixé d'autres fragments avec le liquide de Hollande et, d'autre part, avec le formol et l'acide osmique, afin de pouvoir comparer trois aspects complémentaires de la cellule hépatique : suivant que nous avions conservé le glycogène, ou les albuminoïdes, ou les lipoïdes.

Voici le Tableau comparatif de la composition chimique du foie de trois animaux. Le glycogène a été dosé par la méthode Bierry-Gruzewska et exprimé en glucose.

---

(1) Z. Gruzewska, *Soc. de Biol.*, t. 52, 1905, p. 423.

(2) On trouvera la bibliographie de la question dans la monographie de Fessinger.

	Tableau I.			Tableau II de comparaison (Oldtmann).	
	Chien 1, jeune et chétif.	Chien 2, vieux.	Chien 3, jeune et vigoureux.	Chien jeune.	Chien vieux.
	kg	kg	kg		
Poids du chien	11,400	14,800	14,100	»	»
Poids du foie	0,554	0,840	1,480	»	»
Poids du foie en pour 100 du poids du corps	4,85	5,67	10,49	» (1)	»
Les substances sont calculées pour 100g du foie frais.					
	g	g	g	g	g
H^2O	71,80	66,86	69,17	79,27	63,27
Albuminoïdes	8,19	12,50	5,86	19,82 (2)	35,98 (2)
Glycogène exprimé en glucose	11,76	16,20	22,30		
Corps gras	2,80	2,50	1,31		
Cendres insolubles	0,35	0,20	0,16	0,89	0,73
Cendres solubles	0,96	0,80	0,72		

Tableau II : (1) Le poids du foie chez le chien est en moyenne de 2,7 à 3,5 pour 100 du poids du corps; (2) albuminoïdes, glycogène et corps gras ensemble exprimés en substances organiques.

N° 1, chien maigre et chétif (jeune), à partir du troisième jour n'accepte qu'une partie de la ration correspondant à son poids. Le foie augmente peu, la proportion du glycogène est notable, celle des albuminoïdes diminue. On a l'impression que l'organe est à la limite de son rendement.

L'examen histologique confirme cette impression, car toutes les cellules hépatiques renferment du glycogène, même celles de l'épithélium des voies biliaires.

Autour des espaces sus-hépatiques les cellules ont conservé leurs dimensions normales (16µ,5 de diamètre); autour des espaces portes elles sont peu gonflées, dans la région moyenne du lobule, on constate, au contraire, une augmentation notable du volume cellulaire (28µ,1 de diamètre moyen), qui peut s'accroître dans la proportion de 1 à 5.

N° 2, chien vieux, gras et bien portant. Il mange peu. Dès le troisième jour on est obligé de diminuer sa ration de plus de moitié. Le foie est plus volumineux, il y a une augmentation plus grande de glycogène, mais la proportion d'albuminoïdes reste assez forte.

Dans ce foie, les cellules les plus chargées en glycogène sont nettement localisées à une zone moyenne située entre la veine sus-hépatique et les espaces portes.

Dans cette zone moyenne, les cellules riches en glycogène atteignent parfois une dimension (41µ de diamètre en moyenne) très considérable, leur volume étant 12 fois plus fort que celui des cellules d'aspect normal, renfermant peu de glycogène (diamètre moyen 17µ). Sur les coupes traitées par les réactifs, qui dissolvent le glyco-

gène, on constate que les cellules volumineuses ont un aspect clair, leur cytoplasma étant réduit à de rares et fins trabécules de matières albuminoïdes précipitées, sur lesquels on observe les granulations mitochondriales. Au contraire, les petites cellules des régions centrales et périphériques (espaces portes et sus-hépatiques montrent une trame protoplasmique très dense attestant leur richesse en albuminoïdes. Or, on sait que le foie des animaux âgés est riche en albuminoïdes, ce qui est bien le cas ici.

Avec le chien 3 (très jeune) les choses changent complètement. Il dévore sa ration dès le début. Le troisième jour on la double, les deux jours suivants on ajoute encore un quart de la ration. Le chien mange tout avec avidité. La quantité de glycogène du foie entier atteint 331^{g}. Le foie est énorme, mais la proportion d'albuminoïdes diminue notablement.

On constate à l'examen histologique que la totalité du lobule hépatique est surchargé de glycogène également réparti entre toutes les cellules. Celles-ci ont un diamètre moyen de 26^{μ} à 35^{μ}; elles ont donc toutes augmenté de volume, mais aucune n'atteint la proportion considérable observée dans le foie précédent.

A titre de comparaison nous avons examiné le foie d'un chien de 17^{kg}, non soumis au régime; son foie pesait 464^{g} (2,72 pour 100 du poids du corps). On a trouvé 0,7 pour 100 de glycogène. Au point de vue histologique, nous avons constaté que les cellules mesurent 16^{μ} à 19^{μ} de diamètre moyen; le glycogène est précipité en granulations colorées en brun par l'iode, particulièrement dans les cellules de la région moyenne du lobule.

De ces observations se dégagent les faits suivants :

1° Un chien jeune soumis à un régime approprié, distend en quelque sorte toutes les cellules du lobule hépatique pour y accumuler le glycogène, ce qui a pour résultat : l'augmentation énorme du foie, du glycogène et en même temps l'abaissement de la proportion des albuminoïdes. Ces variations sont individuelles et dépendent de la puissance fonctionnelle des organes (différences entre le chien 1 et 3).

2° Chez un animal vieux il semble que les cellules, surtout dans la région moyenne du lobule, sont capables d'entasser de grandes quantités de glycogène. Et tout porte à croire, que les petites cellules, qui en contiennent moins (du centre et de la périphérie du lobule), sont surchargées d'albuminoïdes [1].

Dans ce foie toutes les cellules du lobule ne sont pas distendues par la présence du glycogène, mais celles qui le sont peuvent atteindre des dimensions inusitées.

3° Les plus grandes cellules d'un foie donné, chargé de glycogène, se trouvent dans la zone moyenne.

---

(1) Le foie ne présentait aucun signe de sclérose.

La quantité de glycogène trouvée dans le muscle et le cœur de nos animaux ne présente aucun rapport avec l'accroissement du glycogène dans leurs foies. Dans le muscle il a varié de 1,8 à 4,4 pour 100 du poids frais et dans le cœur nous avons trouvé de 0,9 à 1,5 de glycogène (exprimé en glucose) pour 100^{g} de muscle frais.

S'il y a peu de glycogène, il se présente au microscope sous forme de granulations brunes situées dans le sarcoplasma le long de la fibre; s'il y en a beaucoup, on observe une sorte de gaine continue entourant les fibrilles, colorée en brun et infiltrée dans le protoplasma.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la porphyrinurie expérimentale. Lésions du rein au cours de l'intoxication par le sulfonal chez le lapin.* Note de **M. E. Grynfeltt** et M[lle] **R. Lafont**, présentée par M. Henneguy.

On sait, depuis les recherches de Stokvis, que l'on peut déterminer de la porphyrinurie chez l'homme et chez certains mammifères par l'ingestion plusieurs fois répétée de doses suffisantes de sulfonal. L'examen histologique des reins d'une malade ayant succombé au cours d'une de ces crises de porphyrinurie (cas de R. Stern) a montré d'autre part que le sulfonal détermine des lésions de néphrite toxique (congestion, nécrose des épithéliums urinaires, etc.).

Dans le but d'étudier ces lésions rénales de façon plus précise, nous avons essayé de les reproduire expérimentalement chez le lapin, en intoxiquant ces animaux avec des doses de sulfonal juste suffisantes pour les rendre porphyrinuriques. L'un d'eux a été sacrifié au cours de la première crise après huit jours d'intoxication, l'autre après quatre mois, au cours desquels nous lui avons administré le toxique par période de huit jours alternant avec huit jours de repos (pour éviter les accidents mortels qui surviennent du douzième au quinzième jour d'une intoxication ininterrompue).

A l'autopsie, les reins étaient de volume normal, lisses et légèrement congestionnés. L'examen histologique a révélé dans les deux cas des lésions presque exclusivement épithéliales. Au point de vue conjonctivo-vasculaire, nous avons seulement noté de la congestion accompagnée d'un peu d'œdème, au niveau de certains vaisseaux périlobulaires; dans quelques glomérules, les anses vasculaires présentent aussi un léger degré de congestion. Chez le lapin chroniquement intoxiqué, il y avait en outre

quelques points d'infiltration leucocytique à forme nodulaire, autour de certaines veines périlobulaires.

Les lésions épithéliales sont beaucoup plus importantes. Elles sont comme dans toutes les néphrites toxiques, très inégales dans leur intensité suivant les points considérés, et cela pour des segments homologues de tubes parfois très voisins.

A. Au niveau des *segments à bâtonnets* (segment à bordure en brosse, et segment intermédiaire de Policard) les altérations épithéliales atteignent leur maximum de fréquence et d'intensité. Dans l'intoxication aiguë, nombre de tubes ne présentent à ce niveau qu'un *état granuleux* résultant de la fragmentation des bâtonnets, qui, dans ce cas particulier, est bien la lésion initiale, et apparaît en l'absence de tout phénomène de cytolyse. Celle-ci se montre en d'autres points et atteint le deuxième ou le troisième degré, tels que les ont définis Castaigne et Rathery. Dans l'intoxication chronique, ces lésions cytolytiques sont prédominantes, mais on observe en plus de l'*homogénéisation* ou nécrose hyaline. Aussi les débris cellulaires intralobulaires, source de cylindres urinaires, sont-ils plus abondants que dans la forme aiguë.

Deux faits méritent d'être signalés qui donnent à la néphrite toxique par le sulfonal une physionomie particulière, un peu différente de celles que provoquent les poisons plus violents du rein.

1° Le toxique porte plus volontiers son action sur le cytoplasme et respecte dans une certaine mesure le noyau. Dans la plupart des cellules présentant de la cytolyse au deuxième ou au troisième degré, ou même de l'homogénéisation, le noyau conserve sa structure normale. Ses altérations se font d'ailleurs suivant un mode un peu spécial. Les pycnoses sont exceptionnelles. On note des chromatolyses légères, mais surtout une forme un peu particulière de caryorrhexie, que nous dénommons *caryorrhexie vésiculeuse*, pour indiquer que le chromatine se met en grumeaux dans un noyau vésiculisé, qui se gonfle d'abord, puis devient plus ou moins flasque au moment où il est évacué dans la lumière du tube, dans lequel sa membrane se dissout finalement mettant en liberté les grains chromatiques.

2° Contrairement à certains agents chimiques qui déterminent des néphrites toxiques où les lésions des tubes urinaires sont semblables et de degré identique dans les divers points de leurs segments successifs (Mouriquand et Policard), le sulfonal détermine des lésions variables dans leur nature et leur intensité d'une cellule à l'autre, dans les divers éléments de la même coupe d'un même tube.

B. Dans les autres segments du tube urinaire, y compris l'épithélium du corpuscule de Malpighi au niveau de la face interne de la capsule de Bowmann, dans la région voisine du collet, jusqu'au pore urinaire, on observe des lésions d'hypertrophie ou de cytolyse plus ou moins accentuée. La dégénérescence hyaline y est relativement rare.

C. La coloration élective du chondriome par la méthode de Regaud nous a permis de suivre ses modifications au cours de ces divers processus dégénératifs. C'est l'appareil mitochondrial qui réalise la lésion initiale, puisque les bâtonnets ne sont autre chose que des chondriocontes un peu spéciaux. Plus tard, au cours de la cytolyse et de la vacuolisation du cytoplasme, les chondriosomes qui résultent de leur fragmentation (courts bâtonnets bacilliformes ou mitochondries) se dispersent sans ordre, le long des travées intervacuolaires. Finalement, ces mitochondries se transforment en petites vésicules à centre clair et finissent par disparaître. Quand la cellule subit, de façon précoce, le processus d'homogénéisation, il y a une sorte de *chondriolyse*, c'est-à-dire de dissolution des chondriosomes dans la substance hyaline, que l'hématoxyline de Regaud teint alors de façon uniforme.

Ces altérations mitochondriales, très nettes dans les segments à bâtonnets, se retrouvent dans tous les autres segments du tube urinaire, mais leur observation y est plus difficile en raison de la délicatesse du chondriome des cellules qui les constituent.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Quelques modifications du plasma sanguin et de l'urine, au cours du jeûne, chez le diabétique.* Note de MM. **Desgrez**, **Bierry** et **Rathery**, présentée par M. Widal.

Depuis un certain temps, nous avons entrepris l'étude des besoins alimentaires spécifiques de l'organisme et nous avons montré, par des expériences sur des animaux soumis au jeûne *lipéique* ou au jeûne *hydrocarboné*, dans des conditions déterminées, que les troubles du métabolisme ne peuvent être évités que si les protéiques, les corps gras et les sucres de la ration y figurent suivant un rapport déterminé.

Nous avons insisté sur le rôle fonctionnel des hydrates de carbone, aussi bien en ce qui concerne l'utilisation des protéines que l'utilisation des graisses. En particulier, le métabolisme des corps cétogènes provenant d'acides aminés ou d'acides gras, est conditionné par les hydrates de carbone, en ce qu'il exige un blocage préalable avec ces derniers.

Il était indiqué d'étendre cette étude à l'homme diabétique et de rechercher, tout d'abord, entre quelles limites les différentes espèces alimentaires peuvent se suppléer, sans provoquer de phénomènes d'acidose et se trouver, à ce point de vue, physiologiquement équivalentes. Nos expériences, sur ces divers points, sont déjà nombreuses, mais nous croyons nécessaire d'exposer, dès le début, les résultats relatifs au métabolisme du diabétique soumis au jeûne et utilisant ses réserves (cure de Guelpa, Allen, etc.).

Les sujets étaient choisis parmi les diabétiques qui, avec une nourriture ordinaire, éliminent, par les urines, des « corps acétoniques ». Ces malades recevaient d'abord un régime type; ils étaient, à ce régime, laissés plusieurs jours en observation, puis soumis à la diète hydrique. On les remettait ensuite au régime primitif.

Les analyses ont porté sur le plasma sanguin et sur l'urine. Dans le premier, nous avons dosé l'eau, le sucre libre, le sucre protéidique, la sérumalbumine, la sérumglobuline et l'azote de ces deux protéines, les prises de sang étant faites, le matin, à jeun, sur une veine du bras; dans l'urine, on a effectué les dosages du sucre, de l'acétone et des *acides cétoniques*, enfin des *acides cétogènes*, en employant la méthode de Schaffer et Marriott, modifiée d'après les résultats d'une étude critique préalable.

Voici, rapportés à 1000^{cm^3} d'eau, pour le plasma veineux, au litre et aux 24 heures, pour l'urine, les chiffres fournis par quelques-uns des cas étudiés :

	Plasma veineux pour 1000^{cm^3} d'eau.				Urine.					
	Sucre		N		Sucre		Acétone et acides cétoniques		Acides cétogènes	
	libre.	protéidique.	des protéines totales.	de la sérumalbumine.	par litre.	en 24 heures.	par litre.	en 24 heures.	par litre.	en 24 heures.
Mme *Met.* :										
Avant jeûne.......	g 3,57	g 1,11	g 9,49	g 7,44	g 60	g 118	g 1,94	g 3,82	g 3,65	g 7,20
1er jour de jeûne...	"	"	"	"	10	19,90	0,99	1,91	2,55	4,95
2e » ...	2,82	1,24	10,93	9	4	5,40	1,33	1,74	3,80	5,15
M. *Pol.*...										
Avant jeûne.......	4,84	1,54	9,27	6,20	140	805	0,33	1,87	0,55	6,50
1er jour de jeûne...	"	"	"	"	37	89	0,75	1,81	1,41	3,39
2e » ...	3,54	1,33	9,48	7,11	4	16,60	0,50	2,07	0,55	2,29
M. *Plank*...										
Avant jeûne.......	3,11	2,22	8,41	8,11	29	76	0,19	0,49	0,39	1
1er jour de jeûne...	"	"	"	"	3	11,50	0,14	0,55	0,08	0,32
2e » ...	1,34	1,67	10,92	9,43	0	0	0,17	0,75	0,06	0,25

	Plasma veineux pour 1000$^{cm^3}$ d'eau.				Urine.					
	Sucre		N		Sucre		Acétone et acides cétoniques		Acides cétogènes	
	libre.	protéidique.	des protéines totales.	de la sérum-albumine.	par litre.	en 24 heures.	par litre.	en 24 heures.	par litre.	en 24 heures.
Mme *Meli...*	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Avant jeûne.......	2,77	1,22	8,87	8,29	67	134	0,10	0,20	0,38	0,75
1er jour de jeûne...	″	″	″	″	0	0	0,08	0,16	0,14	0,28
2e »	″	″	″	″	0	0	″	″	″	″
3e » ...	1,55	0,81	9,92	7,32	0	0	0,23	0,50	0,19	0,40
Réalimentation....	″	″	″	″	26	26	0,17	0,17	0,20	0,20
»	2,98	1,27	8,24	″	42	53	0,15	0,19	0,45	0,56
Coma diabétique (M. *Lam...*)										
Avant inject. de bicarbonate de soude.	3,25	3,30	11,20	9,10	35	″	2,10	″	7,75	″
Après inject. de bicarbonate de soude.	″	″	″	″	40	″	2,30	»	7,80	″
Coma diabétique (Mme *Trem...*)										
1er jour..........	7,22	1,40	7,92	5,43	36	″	1,62	″	5,22	″
2e »	12	1,30	8,36	6,68	″	″	″	″	″	″

L'examen du Tableau précédent montre que, chez le diabétique acidosique, sous l'influence du jeûne :

1° Les protéines augmentent dans le plasma veineux ; cette augmentation porte principalement sur la sérumalbumine, contrairement à ce qui s'observe, d'après les auteurs, dans le jeûne de l'individu normal ;

2° Le sucre libre et le sucre protéidique du plasma diminuent dans les cas les moins graves, mais ces corps augmentent, au contraire, s'il y a imminence de coma ;

3° Le sucre urinaire diminue notablement et peut même disparaître ;

4° L'acétone, les acides diacétique et β-oxybutyrique subissent des variations globales caractérisées par une baisse d'autant plus marquée que leur taux primitif est plus élevé ; les variations des acides cétoniques et celles des acides cétogènes ne sont pas toujours parallèles ; un dosage portant exclusivement sur l'acétone et l'acide diacétique est donc notoirement insuffisant.

Chez le diabétique acidosique, le jeûne semble favoriser l'assimilation des corps cétoniques et cétogènes ; la mesure de cette utilisation, rapprochée de certaines modifications du plasma, permet de régler le pronostic.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Les lésions nerveuses de l'appendicite chronique.* Note (¹) de M. P. Masson, présentée par M. Roux.

En 1914, j'ai appelé l'attention sur la propriété qu'ont les cellules chromaffines de Kultschitzky-Schmidt de l'épithélium intestinal de réduire l'oxyde d'argent ammoniacal et de constituer des tumeurs habituellement bénignes, les Carcinoïdes des Allemands, qui ont la structure de glandes à sécrétion interne, d'où le nom de *tumeurs endocrines* que j'ai cru devoir substituer au précédent (²).

Depuis, étudiant des appendices enlevés dans les circonstances les plus diverses, j'ai pu constater des hyperplasies nerveuses indéniables dans la plupart de ceux qui avaient un passé morbide. Ces lésions m'ont, d'autre part, fait constater les liens inattendus qui unissent les cellules argentaffines au système nerveux de la muqueuse intestinale.

Voici tout d'abord les faits qui furent les points de départ de mes recherches :

1° L'appendice (Ribbert l'a dit depuis longtemps) s'atrophie souvent sans phénomènes inflammatoires apparents. Son épithélium régresse, sa cavité se comble progressivement à partir de son extrémité distale, et ce sont les tissus non épithéliaux de la muqueuse qui forment la masse oblitérante axiale. Les éléments lymphoïdes disparaissent peu à peu. Mais, fait laissé jusqu'ici dans l'ombre, la *muscularis mucosæ* persiste indéfiniment. Les nerfs du plexus périglandulaire survivent longtemps aux glandes, puis s'atrophient à leur tour, mais inégalement. Souvent, par contre, ils s'hypertrophient par place ou même donnent naissance à des petits névromes.

2° Lorsque l'appendice a été largement ulcéré, sa cavité peut se combler de tissu cicatriciel. Le tissu scléreux axial contient les débris dissociés des fibres de la *muscularis mucosæ*. Les filets nerveux de la muqueuse, sectionnés par l'ulcération, donnent naissance à des névromes dont j'ai comparé la genèse à celle des névromes d'amputation (³).

3. Il existe une forme d'appendicite caractérisée par des accidents douloureux et digestifs prolongés, sans crise aiguë, que les cliniciens désignent sous le nom incorrect mais expressif d' « appendicite chronique d'emblée ». Parfois l'appendice est oblitéré

(¹) Séance du 18 juillet 1921.

(²) *La glande endocrine de l'intestin chez l'homme* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 59). *Les tumeurs endocrines de l'appendice* (avec Gosset) (*Presse médicale*, 1914).

(³) *Les névromes sympathiques de l'appendicite oblitérante* (*Lyon chirurgical*, mai-juin, 1921).

et contient un ou plusieurs névromes; souvent il est perméable partout et sans lésions apparentes. Ici encore j'ai souvent trouvé des névromes. Ceux-ci forment de petites masses plexiformes qui, situées entre le fond des glandes de Lieberhühn et la *muscularis mucosæ*, refoulent parfois notablement celle-ci.

Ils sont situés exactement dans les intervalles qui séparent les follicules lymphoïdes, au point où les artères nourricières de la muqueuse abordent la *muscularis mucosæ*, et où se font les raccords entre le plexus de la muqueuse, les plexus périvasculaires et myentériques. Dans ce cas l'hypothèse du névrome d'amputation n'est guère admissible.

En étudiant ces petites tumeurs de plus près, je constatai la présence, au point de croisement de leurs filets, de *cellules ganglionnaires* très spéciales, *remplies de granulations* naturellement jaunâtres, acidophiles, chromaffines, sidérophiles *qui réduisaient l'oxyde d'argent ammoniacal comme celles des cellules de Kultschitzky-Schmidt de l'épithélium intestinal.*

Je repris à ce point de vue l'étude de toutes mes pièces d'appendicite chronique et arrivai aux résultats suivants :

a. Dans les appendices oblitérées atrophiques sans persistance de tissu nerveux, il n'y a pas de cellules argento-réductrices.

Dans les appendices oblitérées avec simple persistance de tissu nerveux, on trouve de rares cellules argento-réductrices dans les filets sympathiques.

Dans les appendices oblitérées avec névromes, les cellules argento-réductrices sont nombreuses au voisinage du névrome et dans le névrome lui-même.

b. Dans les appendices perméables, plusieurs cas sont à considérer :

S'il y a des névromes intramuqueux, on y trouve des cellules ganglionnaires argento-réductrices.

S'il n'y a pas de névromes constitués on trouve des cellules argento-réductrices, parfois en nombre considérable dans les nerfs du plexus périglandulaire, là même où se développent les névromes.

Dans plusieurs cas, enfin, je pus constater que parmi ces cellules incluses dans les nerfs, certaines avaient la forme cylindrique, se groupaient autour de petites cavités sphériques remplies par une substance mucoïde et différenciaient à la limite de cette cavité une cuticule striée, cependant que toutes leurs régions basales étaient encombrées de granulations argentaffines; d'autres étaient arrondies et différenciaient dans la portion non granuleuse de leur cytoplasme des corps anguleux basophiles semblables à des corps de Nissl.

Çà et là, j'ai pu observer *la continuité de ces vésicules épithéliales incluses dans un nerf avec l'épithélium d'un fond de glande de Lieberkühn.*

Cette pullulation de cellules argentaffines, dont beaucoup prennent la forme et la structure de cellules ganglionnaires, est accompagnée d'une augmentation de diamètre des nerfs qui les hébergent et d'une telle hyperplasie de ceux-ci qu'ils ébauchent des petits névromes.

Dans ces observations, que je me propose de publier plus en détail, tout concourt à démontrer l'*origine intestinale des cellules argentaffines incluses dans les nerfs hyperplasiques de la muqueuse appendiculaire et leur fonction neuro-formative*. Celle-ci ressortait déjà de mon étude des névromes. Et comme les cellules ganglionnaires argentaffines ne se rencontrent *que dans les nerfs inclus dans la muqueuse*, j'en viens à me demander si l'endoderme de l'embryon ne produirait pas le système nerveux de la muqueuse digestive comme l'ectoderme primordial produit le système cérébro-spinal. Mes observations sur la neurogénèse endodermique chez l'adulte pathologique seraient alors moins paradoxales.

Si maintenant nous envisageons une autre adaptation des cellules argentaffines, l'*adaptation glandulaire endocrine* des cellules granuleuses de l'épithélium intestinal, nous en venons à nous demander si cette adaptation n'est pas liée génétiquement et fonctionnellement à la neurogénèse endodermique, si, en résumé, *le système nerveux autochtone de la muqueuse digestive n'a pas son paraganglion argentaffine et chromaffine comme le sympathique a ses paraganglions phæochromes*. Que l'avenir démontre ou non cette hypothèse, un fait reste cependant : c'est la constance, dans l'appendicite chronique, d'une anomalie nerveuse acquise et la fréquence, que l'appendice soit oblitéré ou non, d'une néoformation de nerfs à point de départ épithélial. Si obscure que soit sa cause, ce fait à lui seul méritait d'être signalé.

La séance est levée à 16 heures et demie.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er AOUT 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce que la séance publique annuelle de l'Académie des Sciences aura lieu le 12 décembre prochain.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome 168 (janvier-juin 1919) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

L'Académie des Sciences, après des deuils multipliés, vient encore de perdre l'un de ses membres, M. Edmond Perrier : sa santé était très compromise depuis plusieurs mois : il est mort presque subitement hier 31 juillet 1921.

M. Perrier était né à Tulle le 9 mai 1844 ; il appartenait à cette forte race des Corréziens, tenace, laborieuse, intelligente, qui a donné à ma génération plusieurs hommes remarquables ; il était resté très attaché à son pays natal. Ses études commencées au collège de Tulle s'étaient terminées à Paris au lycée Condorcet. En 1864, il était reçu à la fois à l'École Polytechnique et à l'École Normale supérieure : déjà épris des sciences naturelles, il opta pour l'École Normale. Pourvu des trois licences mathématique, physique et naturelle, il fut reçu en 1867 au concours d'agrégation et fut nommé professeur au lycée d'Agen. Il ne fit qu'y passer, car, en 1868, il devint aide-naturaliste au Muséum ; dès 1869 il était docteur ès sciences. En 1872, il fut nommé maître de conférences à l'École Normale. En 1876, il devint professeur de malacologie au Muséum et bientôt il organisa le laboratoire de zoologie maritime de Saint-Vaast-la-Hougue.

En 1900, sur la présentation de ses collègues, il fut nommé Directeur du

Muséum d'Histoire naturelle; il conserva ces hautes fonctions pendant vingt années jusqu'en 1920.

Il fut élu membre de l'Académie des Sciences le 12 décembre 1892 en remplacement de M. de Quatrefages. Il était également membre de l'Académie de Médecine.

Les recherches originales de M. Edmond Perrier ont été nombreuses et remarquables, mais elles se sont à peu près limitées à la première moitié de sa carrière. Sa thèse de Doctorat, inspirée par le classement des collections du Muséum, portait sur les oursins et sur les astéries (étoiles de mer); il en a fait notamment connaître nettement les organes de préhension. Ces premières études ont été complétées ensuite par l'examen des étoiles de mer recueillies dans la mer des Antilles et dans le golfe du Mexique grâce à des campagnes maritimes auxquelles il prit une grande part; elles furent développées également par les observations sur l'appareil circulatoire des oursins récoltés au laboratoire de Roscoff.

Les comatules, seuls représentants des crinoïdes, ont aussi beaucoup occupé M. Perrier; il a défini leurs appareils de reproduction.

Les vers de terre ou lombriciens ont été l'objet d'études remarquables qu'il a développées à divers points de vue. Il a pu les acclimater en pleine terre loin de leur pays d'origine. Il a montré que ceux d'Europe présentent des dispositions particulières.

Dans le rapport fait pour la première candidature académique de M. Perrier, M. de Quatrefages disait qu'il représentait dignement la grande école de Zoologie anatomique et physiologique qui reconnaît pour chefs Cuvier et Milne-Edwards.

Doué d'une grande puissance de travail et d'une extrême activité cérébrale, M. Perrier, outre ses découvertes originales de Zoologie, a fait paraître un grand nombre de publications.

La plus remarquable est son grand *Traité de Zoologie* en plusieurs volumes, qu'il a presque achevé; œuvre si vaste, comprenant un domaine si étendu, qu'on a peine à comprendre qu'un seul homme ait pu y suffire.

D'autres publications de littérature scientifique ont eu surtout pour but de faire connaître et de vulgariser la théorie de l'évolution. M. Perrier était un apôtre ardent et convaincu de l'évolution, sans condescendances et sans atténuations. Ses principales productions dans cet ordre d'idées ont été : *La philosophie zoologique avant Darwin;* un volume universellement

répandu sur les colonies animales et la formation des organismes : *Lamark et le transformisme actuel; La femme dans la nature*. Il faut noter aussi ses idées sur l'accélération embryogénique (tachygénèse). Le journal *Le Temps* lui doit de nombreux articles scientifiques.

Très répandu dans le monde, M. Perrier faisait partie de toutes sortes de groupements scientifiques. Il fut membre de la Commission centrale et vice-président de la Société de Géographie, président de la Société d'acclimatation, vice-président de l'Institut général de Psychologie, président de la Société d'Hygiène, etc.

De relations agréables comme homme du monde et comme savant, ayant acquis par ses travaux une grande notoriété, il laissera un vide réel dans tous les milieux auxquels il a été mêlé.

L'Académie des Sciences offre à sa digne veuve, à ses fils, à toute sa famille, l'hommage de sa vive sympathie.

LITHOLOGIE. — *La composition minéralogique de la rockallite.* Note de M. **A. Lacroix**.

Lorsqu'il y a quelques mois, j'ai engagé le Dr Charcot à entreprendre une expédition à Rockall, j'avais en vue une question lithologique qui me préoccupait depuis de longues années.

En 1896, une expédition de ce genre fut organisée par l'Académie d'Irlande; elle avait pour but la reconnaissance géologique de cet îlot, perdu dans l'Atlantique, à peu près à égale distance de l'Irlande et de l'Islande, ainsi que l'étude zoologique et océanographique du Banc sous-marin portant le même nom.

L'état de la mer ne permit pas alors d'aborder Rockall, mais une enquête faite dans les musées du Royaume-Uni y fit trouver trois échantillons de roches recueillis comme curiosité par les deux seules croisières qui aient réussi à débarquer un homme sur ce rocher aux parois à pic, celle de l'*Endymion* en 1810 et celle de la *Porcupine* en 1862. J.-W. Judd, auquel fut confiée l'étude de ces précieux documents, montra (1) qu'ils constituent un type lithologique nouveau, essentiellement formé de pyroxènes sodiques (ægyrine et acmite), d'albite et de quartz, avec fort peu de

(1) Notes on Rockall Island and Bank, with an Account of the Petrology of Rockall, and of its winds, currents, etc. : With reports on the Ornithology, the invertebrate fauna of the Bank, and of its previous history (*Transact. Roy. Irish Acad.*, Dublin, t. 31, Part III, pl. 9 à 14).

magnétite, d'apatite et d'amphiboles bleues [arfvedsonite et (?) riébeckite] secondaires. La proportion des minéraux colorés est variable, aussi la densité oscille-t-elle entre 2,94 et 2,71. La structure est grenue, avec tendance microporphyrique. Une analyse chimique mit en évidence une haute teneur en silice, beaucoup d'oxyde ferrique et de soude, peu d'alumine, très peu de chaux et de magnésie et seulement des traces de potasse. Pour Judd, cette roche, qu'il a appelée *rockallite*, est intermédiaire, au point de vue de la structure et de la composition, entre les granites sodiques et les grorudites; il l'a qualifiée de « granite-porphyre à ægyrine ».

Si l'expédition de la *Porcupine* n'avait pu aborder l'îlot, du moins ses membres avaient-ils pu le photographier de loin et le dessiner et ils étaient arrivés à cette conclusion qu'au point de vue géologique, il fallait y distinguer deux parties, une portion inférieure à structure stratifiée, avec prolongement de 30° environ vers l'Est et une portion homogène supérieure constituant la plus grande partie de la masse et formée par la rockallite. Comme conclusion dernière, la rockallite a été regardée comme constituant un dyke intrusif entre les strates d'un tuf ou d'un sédiment.

Interprétant ces données, M. Rosenbusch a considéré (1) la rockallite comme une roche filonienne, en insistant sur ses analogies avec ses ægyrine-quartz-tinguaïtes (grorudites).

En 1914, la moitié de l'un des échantillons étudiés par Judd (et pesant 17^g) fut confiée à M. H.-S. Washington pour une nouvelle étude. Sous la réserve de l'absence d'amphibole, la composition minéralogique de cet échantillon s'est montrée (2) identique à celle qui vient d'être résumée. Les grands traits de la composition chimique ont été trouvés également semblables; mais M. Washington a constaté, en outre des éléments précédemment dosés, l'existence de 1,17 pour 100 de zircone et de 0,37 d'oxyde cérique, proportion supérieure à celle constatée jusqu'alors dans toute autre roche éruptive. L'examen microscopique ne faisant voir que des traces de zircon, M. Washington a émis l'hypothèse que ces terres rares se trouvent dans les pyroxènes sodiques. Se basant sur la couleur brune de l'acmite et sur la coloration jaune de divers minéraux cérifères et zirconifères, apparentés aux pyroxènes (lâvénite, etc.), il s'est demandé si la différence qui sépare l'acmite de l'ægyrine ne consistait pas dans la présence de ces terres rares dans le premier de ces pyroxènes.

La rockallite était restée jusqu'alors sans équivalent, lorsque en 1915, en complétant mes premières observations sur les granites sodiques de Madagascar (3) à l'aide des échantillons recueillis par moi dans la Grande Ile, j'ai décrit (4), sous le nom de *fasibitikite*, une roche qui s'en rapproche. Constituée, elle aussi, par du quartz et de l'albite et beaucoup d'ægyrine, elle renferme une teneur plus élevée encore en zircone et en terres cériques, mais l'origine de celles-ci s'explique aisément par la présence d'*eucolite* (cérifère), minéral jusqu'alors considéré comme se trouvant exclusivement dans les syénites néphéliniques et qui était ainsi, pour la première fois, rencontré dans une roche de la famille du granite. J'ai été alors conduit à proposer une nouvelle explica-

(1) *Elemente der Gesteinlehre*, 1910, p. 276.

(2) *Quaterl. J. geol. Soc. London*, t. 70, 1914, p. 294.

(3) *Nouvelles Archives Muséum*, t. 4, 1902, p. 82, et t. 5, 1903, p. 231.

(4) *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 253.

tion de la présence de ces terres rares dans la rockallite, l'hypothèse d'un minéral spécial, zirconifère, du genre de l'eucolite qui aurait échappé aux précédents observateurs.

La brillante réussite de l'expédition du Dr Charcot me permet d'apporter une lumière définitive sur cette question. Grâce à l'habileté du commandant du *Pourquoi-Pas?* grâce au dévouement et à « l'allant » de ses officiers et de son équipage, un débarquement, dont les détails sont relatés dans une Note donnée plus loin, a été effectué, non sans danger, sur une anfractuosité de la paroi de sud-sud-est de Rockall; de nombreux échantillons de roche y ont été prélevés et ont été rapportés au Muséum.

La question géologique doit être tout d'abord réglée; les dessins rapportés par l'expédition montrent l'exactitude de ceux reproduits dans la publication de l'Académie d'Irlande, mais les observateurs français dont l'attention avait été appelée sur ce détail de structure n'ont pas vu la stratification qu'avaient cru constater leurs prédécesseurs dans la partie inférieure du rocher; on distingue seulement sur leurs photographies une apparence de filons (1) en relief qui explique la méprise des premiers observateurs. Cette base se différencie du reste de l'îlot par la ceinture d'algues d'un rouge brun (*Alaria*) qui la recouvre; l'explication donnée plus loin par le Dr Charcot de l'origine de la forme de ce soubassement, déterminée par une corrosion due à l'action des vagues qui, sans relâche, déferlent contre cette portion de Rockall, paraît tout à fait vraisemblable. En tout cas, les échantillons qui y ont été recueillis ne laissent aucun doute sur son identité lithologique avec la partie supérieure. Il ne faut donc plus parler d'un dyke intrusif dans un sédiment ou dans un tuf. Rockall forme un tout homogène au point de vue géologique. Par contre, on va voir que la roche éruptive qui le constitue est très hétérogène au point de vue minéralogique.

La roche à grain fin, très riche en ægyrine, et par suite de couleur foncée, qui a été analysée par Judd et par M. Washington, ne constitue pas le type normal. La plus grande partie des échantillons qui m'ont été remis consistent en un granite à gros grain dont les éléments mesurent jusqu'à 1^{cm}. M. Hamel, qui a touché la portion verticale (Est) des roches pour y

(1) Il s'agit là de zones de différenciation qui ont mieux résisté à la corrosion de la mer : la vue de ces photographies m'a rappelé la disposition des veines d'ariégite dans la lherzolite de l'Etang de Lherz dans l'Ariège.

recueillir des algues, m'a assuré que celle-ci est formée par ce granite, mais il n'a pas été possible d'en détacher des fragments. Les proportions relatives du quartz et des feldspaths d'une part, des pyroxènes sodiques de l'autre, sont très variables : le type moyen est leucocrate, mais avec des concentrations locales de l'ægyrine; il existe aussi, sous forme de veines dans des roches plus colorées, des traînées essentiellement feldspathiques et quartzeuses de couleur blanche. Les concentrations d'ægyrine, souvent accompagnée d'une amphibole bleue, sont de deux sortes : les unes apparaissent progressivement, sans que le grain et la structure de la roche soient modifiés; c'est là un fait que je connais déjà dans d'autres granites à ægyrine et riebeckite et particulièrement dans ceux de Corse. Les autres sont caractérisées par une diminution brusque du grain, la roche résultante, de couleur plus ou moins foncée, a l'aspect d'une enclave; elle manifeste parfois une tendance à la structure porphyrique; des cristaux d'albite se détachant alors en blanc sur un fond noir verdâtre, très riche en pyroxène. C'est cette roche mésocrate, à grain plus ou moins fin, qui a été analysée; c'est par suite une roche exceptionnelle qui a servi de type pour la rockallite. Elle se trouve en grosses masses ou forme des petites enclaves de moins de 1^{cm} de diamètre, distribuées sans ordre dans toutes les variétés à gros grain. Ces ségrégations très pyroxéniques sont les homologues des enclaves amphiboliques qui sont si fréquentes dans tant de granites calco-alcalins. Sur les surfaces battues par la mer, elles apparaissent en relief : c'est certainement à la disparition d'enclaves semblables que sont dues ces cupules que le Dr Charcot a remarquées sur les parois verticales de Rockall.

Au point de vue de la composition et de la texture macroscopique de toutes ces roches, il faut ajouter un dernier trait qui est constant et frappant; je l'ai retrouvé sur un minuscule fragment du type de la rockallite, que j'ai dû jadis à l'amitié de Judd; mais il n'a cependant pas attiré l'attention des auteurs cités plus haut, sans doute parce que les échantillons étudiés par eux étaient trop petits. Il consiste dans l'existence de taches claires distribuées dans toutes les variétés de la roche, mais particulièrement dans le type à grain fin; ces taches sont parfois globulaires ou à section hexagonale; dans d'autres cas, elles épousent les contours du quartz et du feldspath. Leur texture est miarolitique; elle résulte de l'enchevêtrement de petites aiguilles d'un blanc crême, parfois souillées de jaune ou de brun par de la limonite. Poursuivi comme je l'étais par l'idée de la possibilité de l'existence dans la rockallite d'eucolite ou de produits de son altération, à la vue de ce minéral j'ai pensé aussitôt à l'*elpidite*, silico-zirconate de sodium

($Si^6ZrO^{18}Na^2H^6$), découvert ([1]), il y a quelques années, dans une forme pegmatique de bordure de la syénite à pyroxène ([2]) de Narsarsuk au Groenland. L'étude comparative des deux minéraux m'a conduit à établir leur identité, ou tout au moins leur très intime parenté. Les aiguilles s'éteignent suivant leur allongement, dont le signe est négatif; elles sont orthorhombiques, leur réfringence est plus faible, leur biréfringence un peu plus grande que celles de l'albite; dans le minéral de Rockall, toutefois, les sections $h^1(100)$ (orientation de l'elpidite), très peu biréfringentes, ont une extinction incomplète en lumière blanche, due à ce qu'elles possèdent une assez forte dispersion et à ce qu'elles sont perpendiculaires à la bissectrice aiguë, avec angle 2V très variable, mais parfois fort petit. Le signe optique est positif et le plan des axes parallèle à $g^1(010)$; dans l'elpidite du Groenland, l'écartement des axes semble plus grand. Les réactions microchimiques mettent en évidence, dans les deux minéraux, la présence d'une grande quantité de zircone et de soude.

Mon confrère et ami, M. de Gramont, a bien voulu faire la vérification spectrographique de cette détermination, à l'aide de 10cg de cristaux que mon préparateur, M. Orcel, a eu la patience d'extraire à l'aiguille. L'examen a été fait comparativement sur l'elpidite du Groenland. Les deux minéraux ont fourni le spectre complet du zirconium, accompagné, dans les cristaux de Rockall, par celui de l'yttrium. Il y a là une différence qui mérite d'être signalée.

Le cérium ne provenant certainement pas de cette elpidite, la roche pulvérisée a été attaquée par l'acide chlorhydrique à chaud. La liqueur, légèrement acide, donne un précipité notable par l'acide oxalique. Son étude spectrographique sera faite ultérieurement, mais la couleur de l'oxyde obtenu à l'aide de cet oxalate ne laisse pas de doute sur la présence du cérium. On pourrait supposer que celui-ci se trouve à l'état de parisite (synchysite), minéral associé à l'elpidite et à l'ægyrine du Groenland. L'examen microscopique de nombreuses préparations ne m'a pas permis de la déceler dans la roche. Peut-être faut-il penser que le cérium est contenu dans un produit colloïde qui, çà et là, accompagne en petite quantité l'elpidite.

Rockall est la seconde localité où ait été observée l'elpidite; c'est la seule

---

([1]) G. Lindström, *Geol. För. Förhandl. Stockholm*, t. 16, 1894, p. 330.

([2]) H.-V. Ussing, *Museum géol. et minér. Univ. Copenhague. Comm. géol.*, n° 2, 1911, p. 246.

où ce minéral constitue un élément de roche. Il y est incontestablement d'origine secondaire; la forme globulaire ou hexagonale que prennent les agrégats qu'elle constitue, lorsqu'ils sont englobés dans le feldspath, fait penser aux rhomboèdres de l'eucolite, minéral qui existe dans la syénite de Narsarsuk, mais que je n'ai pu rencontrer à l'état intact dans les nombreuses plaques que j'ai fait tailler à l'aide des échantillons de Rockall.

L'explication de l'origine de la zircone, mise en évidence par l'analyse dè la rockallite, est donc trouvée; il restait à rechercher si, suivant la suggestion de M. Washington, l'ægyrine de cette roche était aussi zirconifère. Les méthodes microchimiques ont donné un résultat négatif, mais l'examen spectrographique, plus sensible, en indique des traces.

Il est tout à fait évident qu'à Rockall, la différence de couleur des pyroxènes sodiques n'est pas d'origine primaire : dans les roches les plus fraîches, ils sont toujours verts (ægyrine); dans les roches riches en limonite, ils sont toujours bruns ou passent progressivement au brun; il en est de même dans une concentration miarolitique de cristaux d'acmite (m, h^1), associés à des cristaux drusiques de quartz et d'albite, dont je n'ai vu qu'un seul exemplaire.

La description plus détaillée de ces roches et la discussion de la place à leur donner dans la systématique seront faites plus fructueusement lorsque seront achevées les analyses chimiques en cours. Je me contenterai pour l'instant de noter que l'association de microcline (ne présentant que la macle de l'albite) à l'albite montre que la moyenne du magma dont proviennent les roches de Rockall n'est pas caractérisée par l'absence presque complète de potasse mise en évidence par l'analyse de l'unique échantillon qui, jusqu'ici, a été étudié à ce point de vue.

Il me reste à indiquer quelle est la nature des roches rapportées par les dragages effectués sur le Banc de Rockall.

M. Grenville J. Cole, qui a étudié les échantillons dragués par l'expédition irlandaise, y a observé surtout des roches à facies basaltique (basaltes, labradorites, andésites), riches en zéolites, avec en outre un granite à biotite et hornblende et des grès. Contrairement à l'opinion formulée jadis par David Forbes, qui regardait les roches volcaniques draguées par la *Porcupine* comme transportées d'Islande ou de Jean Mayen par les glaces, M. Cole a proposé de les considérer comme provenant d'un plateau basaltique submergé qui constituerait le Banc même de Rockall.

Les roches draguées par la mission Charcot fournissent des arguments en faveur de cette thèse. Les *roches basaltiques* y dominent; elles renferment ou non du péridot, elles possèdent généralement la structure ophi-

tique comme les laves des nappes basaltiques de l'Irlande; à l'inverse de celles dont il vient d'être question, elles sont remarquablement fraîches et complètement dépourvues de zéolites : j'ai rencontré aussi des galets d'un *trachyte à augite verte* et enfin un fragment de *granite à ægyrine et riebeckite;* celui-ci est apparenté à la roche de Rockall, mais ne lui est pas identique. Il a été dragué à 12 milles au nord de Rockall par un fond de 110^m. Cette observation est fort intéressante, car elle montre que les granites à ægyrine ont formé d'autres gisements que celui qui est vu en place aujourd'hui.

Les analyses de ces diverses roches permettront de discuter leurs relations mutuelles.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la distribution du fer dans les végétaux.* Note de MM. **L. Maquenne** et **R. Cerighelli.**

On ne s'est guère préoccupé jusqu'à présent du mode de répartition des métaux proprement dits dans les plantes, donnée qu'il est pourtant nécessaire de connaître si l'on veut se rendre compte de leur utilité dans la végétation. L'un de nous, en collaboration avec M. Demoussy, a récemment inauguré cette recherche pour le cuivre, et il en est résulté ce fait inattendu que ce métal est chez les plantes un élément migrateur, qui se porte de préférence aux points de plus grande vitalité, comme s'il jouait un rôle actif dans le métabolisme intracellulaire (1). La présente Communication est relative à une recherche analogue exécutée sur le fer.

On devait s'attendre à ce que les résultats fussent ici moins nets que pour le cuivre, car le fer se trouve dans les plantes à deux états bien distincts : celui de peroxyde insoluble, déposé par évaporation ou fixé par voie de mordançage sur les membranes cellulaires, et celui de complexe organique comparable à l'hématogène de Bunge. Cette dernière forme est la seule intéressante, mais elle peut être masquée par l'autre, au point de vue global, si celle-ci prédomine; il est donc à présumer que le fer actif se rencontrera surtout dans les organes qui n'évaporent pas ou n'évaporent que très peu, et le fer inactif dans ceux qui, comme les vieilles écorces, ont évaporé beaucoup d'eau (2). L'expérience a pleinement vérifié ces prévisions.

---

(1) Maquenne et Demoussy, *Comptes rendus,* t. **170**, 1920, p. 87, et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. **27**, p. 266.

(2) Dans une vieille écorce de marronnier nous avons trouvé plus de 1^g de fer au kilo.

Ne connaissant pas de méthode propre à séparer quantitativement le fer minéral du fer organique, nous avons borné notre recherche à celle du fer total; il a été dosé par la méthode colorimétrique au bleu de Prusse que l'un de nous a décrite récemment (¹).

Les résultats sont indiqués, dans le Tableau suivant, en milligrammes de fer métallique par kilogramme de matière végétale sèche ou par litre de jus.

Ailante.	
Jeune bois écorcé, 30 mars	23
Jeune écorce, 30 mars	87
Bourgeons dormants, 30 mars	75
Bourgeons éclos, 8 avril	92
Lilas.	
Jeune bois écorcé, 9 mars	15
Jeune écorce, 9 mars	139
Bourgeons éclos, 9 mars	99
Feuilles, 8 avril	223
Fleurs, 8 avril	194
Marronnier.	
Jeune bois écorcé, 16 mars	29
Jeune écorce, 16 mars	116
Bourgeons dormants, 16 mars	139
Bourgeons éclos, 29 mars	43
Feuilles (limbes), 8 avril	159
Feuilles (pétioles), 8 avril	50
Fleurs	102
Noyer.	
Jeune bois écorcé, 19 mars	17
Jeune écorce, 19 mars	46
Bourgeons dormants, 19 mars	110
Bourgeons éclos, 29 mars	92
Bourgeons épanouis, 8 avril	261
Troène.	
Jeune tige, 9 mars	50
Vieilles feuilles, 9 mars	72
Jeunes feuilles, 9 mars	232
Vigne vierge.	
Jeune tige, 31 mars	26
Bourgeons éclos, 31 mars	116

(¹) MAQUENNE, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. 29, 1921, p. 585.

Aucuba.

Jeune bois, 9 mars	50
Jeune écorce, 9 mars	58
Bourgeons épanouis, 9 mars	162
Graines mûres (albumen), 19 mars	1,0
Péricarpe du fruit, 19 mars	116
Vieilles feuilles, 29 mars	81
Jeunes feuilles, 29 mars	81

Buisson ardent.

Vieilles feuilles, 13 mai	362
Jeunes feuilles, 13 mai	174

Fusain du Japon.

Vieilles feuilles, 9 mars	52
Jeunes feuilles, 9 mars	290

Laurier-cerise.

Vieilles feuilles, 13 mai	29
Jeunes feuilles, 13 mai	159

Lierre.

Vieilles feuilles, 2 mai	116
Jeunes feuilles, 2 mai	217

Pommes de terre.

Tubercules	87
Jus centrifugé	11
Le même, bouilli	1
Germes	58
Jus des mêmes centrifugé	7
Le même, bouilli	4

Carottes.

Racines	44
Jus centrifugé	5
Le même, bouilli	1
Feuilles	250

Épinards.

Feuilles	362
Jus centrifugé	13
Le même, bouilli	2

Laitue.

Feuilles	116
Jus centrifugé	5
Le même, bouilli	1

Romaine.

Feuilles	87
Jus centrifugé	3
Le même, bouilli	<1

Pois gris.

Graine sèche (téguments)	63
Graine sèche (cotylédons)	38

Pois nains.

Gousses vertes, 7 juin	73
Graines vertes, 7 juin	88
Gousses desséchées, 20 juin	58
Graines mûres, 20 juin	23

Haricots.

Gousses desséchées	58
Graines mûres	26

Haricots d'Espagne (graines).

Téguments	60
Cotylédons	25
Embryons	120

Pois de Clamart (graines).

Téguments	28
Cotylédons	28
Embryons	140

Fèves (graines).

Téguments	26
Cotylédons	44
Embryons	60

Soleil (graines).

Téguments	20
Cotylédons	28
Embryons	72

Lupin blanc (graines).

Téguments	20
Cotylédons	14
Embryons	98

Potiron (graines).

Téguments	35
Cotylédons	73
Embryons	174

Arachide (graines).	
Gousses	44
Cotylédons	3
Embryons	15
Ricin (graines).	
Téguments	10
Albumen	36
Embryons	140
Abricots.	
Amande	23
Coque du noyau	6
Cerises.	
Amande	35
Coque du noyau	26
Prunes.	
Amande	44
Coque du noyau	17
Pulpe du fruit	17

Une première constatation s'impose à l'examen de ces chiffres, c'est la faible proportion dans laquelle le fer entre dans la composition des tissus végétaux; cela tient évidemment à ce que dans le sol il se trouve à l'état presque insoluble; autrement, d'ailleurs, il ne manquerait pas d'agir comme toxique.

Ensuite on voit que, à part quelques irrégularités prévues, la distribution du fer dans les plantes est toute semblable à celle du cuivre : partout, exception faite pour le seul buisson ardent (*Cratœgus pyracantha*), qui n'a été examiné qu'à une époque assez tardive, les jeunes organes, bourgeons ou feuilles, en renferment plus que les vieux. Ainsi que le montrent les chiffres relatifs aux pommes de terre, aux carottes, aux feuilles de laitue, de romaine et d'épinards, qui se distinguent de toutes les autres par leur richesse exceptionnelle, déjà signalée, le fer n'existe qu'en très faible proportion à l'état dissous dans le suc cellulaire, et il en est, comme dans le cas du cuivre, précipité à peu près complètement par l'ébullition.

Souvent il arrive, comme pour la chaux, que les gousses de légumineuses et les téguments des graines sont plus riches en fer que les cotylédons; mais si l'on prend soin de séparer les embryons des mêmes graines, on constate que ceux-ci sont encore considérablement plus riches, ce qui donne

au fer un intérêt physiologique tout particulier (¹). Enfin, et ceci est exactement semblable à ce que MM. Maquenne et Demoussy ont observé pour le cuivre, dans le cas des noyaux de fruits charnus, qui n'évaporent pas, le fer s'accumule dans l'amande, au détriment de la coque qui l'entoure et même de la pulpe du fruit, qui en renferment beaucoup moins.

Les conclusions déjà formulées par les auteurs précédents à propos du cuivre sont donc applicables sans restriction au fer : ce métal est capable, comme lui et en général comme tous les éléments nutritifs, de se déplacer dans les tissus végétaux en se dirigeant vers les organes de vie active et de reproduction.

C'est là une nouvelle preuve de sa nécessité bien connue dans l'alimentation des plantes et une nouvelle présomption en faveur de cette idée que le cuivre peut lui être également utile.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les conditions d'émission des raies d'étincelle par l'arc électrique.* Note de MM. **A. de Gramont** et **G.-A. Hemsalech.**

Dans une Note antérieure (²) l'un de nous a montré que les raies d'étincelle de certains métaux à point de fusion peu élevé apparaissent dans l'arc si l'on fait éclater ce dernier entre gros morceaux de ces métaux au lieu d'entre charbons. De plus, l'observation visuelle de l'arc direct entre ces métaux a révélé l'existence de deux classes de raies d'étincelle dans l'arc : 1° les raies d'apparition permanente dans le spectre; 2° les raies d'apparition passagère. Ces dernières se montrent au pôle positif au moment de l'amorçage de l'arc.

MM. Buisson et Fabry (³) ont attribué l'apparition des raies d'étincelle près des électrodes, dans le spectre du fer, à la chute de potentiel rapide qui existe au voisinage de ces dernières; on devrait donc s'attendre à ne pas observer les raies d'étincelle dans une source ayant un degré d'ionisation fort élevé. En effet, des expériences faites avec des fours électriques à lame de graphite, dans lesquels l'intensité du champ électrique était relativement faible, n'ont donné à l'un de nous (⁴) aucune raie d'étincelle jusqu'à des

(¹) Les embryons ont été détachés des graines, préalablement gonflées par immersion dans l'eau, au moyen d'un scalpel en nickel pur.

(²) A. de Gramont, *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 31.

(³) Buisson et Fabry, *Comptes rendus*, t. **146**, 1908, p. 751; t. **150**, 1910, p. 1674.

(⁴) G.-A. Hemsalech, *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 915.

températures de plus de 3000° C. Nous en avons conclu que la grande conductibilité électrique des vapeurs, dans un four électrique, empêche l'émission des raies d'étincelle, par le fait qu'elle est défavorable à l'établissement de chutes de potentiel rapides. De plus, il nous semblait plausible d'admettre que l'ionisation des vapeurs, au moment de l'amorçage, et aussi quand l'arc passe entre des morceaux de métal volumineux à grande surface de refroidissement, est de beaucoup inférieure à celle des vapeurs dans un four électrique. Guidés par ces considérations, nous avons entrepris une série d'expériences destinées à mettre en évidence les rôles relatifs joués par les actions thermiques, électriques et chimiques dans l'émission des raies d'étincelle par l'arc électrique. Nos observations se portèrent donc tout d'abord sur les effets : 1° du refroidissement des vapeurs ou des électrodes; 2° de l'échauffement de ces dernières; 3° de la nature chimique du milieu dans lequel jaillit l'arc. La présente Communication donne nos résultats pour l'arc au plomb et à l'étain.

Afin de maintenir un arc entre un morceau d'un métal à point de fusion peu élevé et un charbon, nous avons, dans une première série d'expériences, employé le dispositif suivant : le fragment de métal est posé sur une plaque mince de cuivre, laquelle communique avec l'un des pôles, généralement le positif, d'une batterie d'accumulateurs ou du secteur de la ville. La plaque est immobile pendant l'opération, demeurant fixée à la hauteur de la fente du spectroscope ou spectrographe. Le charbon est placé au-dessus du fragment de métal et il peut être déplacé dans le sens vertical à l'aide d'une crémaillère. Aussitôt que l'arc est amorcé, le fragment de métal se met à fondre en formant une masse arrondie d'où jaillit l'arc d'une façon régulière. La grande conductibilité calorifique de la plaque de cuivre et sa grande surface rayonnante empêchent une consommation trop rapide, par ébullition violente, de la masse métallique fondue. Dans ces conditions (charbon — et métal +) le spectre d'arc du plomb n'a présenté aucune raie d'étincelle, même au voisinage de l'électrode, quand les observations étaient commencées *après* l'amorçage de l'arc. Notre attention fut alors attirée sur l'échauffement très vif de l'extrémité du charbon négatif, ce qui nous semblait devoir produire une diminution de la résistance électrique des vapeurs, par suite de l'émission, plus activée, d'électrons. Dans de nouvelles expériences, le charbon fut remplacé par un crayon de graphite. Nous constatâmes alors que le graphite chauffait beaucoup moins que le charbon; mais l'arc brûlait mal et d'une façon instable comme si la résistance des vapeurs avait augmenté. En opérant ainsi, les raies d'étincelle Pb λ 4245 et 4387

devenaient visibles près de l'électrode métallique. Ce résultat semblait donc indiquer que l'une des conditions pour que les raies d'étincelle apparaissent dans l'arc est l'augmentation de la résistance, ou, ce qui revient au même, la diminution du degré d'ionisation des vapeurs. Cette supposition nous a paru confirmée par l'expérience suivante : le charbon fut réinstallé dans notre dispositif et l'on souffla légèrement dans l'arc formé entre le charbon négatif et l'anode métallique, pour en augmenter la résistance. Dans ces conditions, les raies d'étincelle devenaient visibles d'une façon très marquée, non seulement au voisinage immédiat de l'électrode, mais même assez loin d'elle dans la direction du charbon. Cette expérience fut répétée avec un certain nombre d'autres métaux : l'étain, le zinc, le cadmium, le magnésium, l'aluminium, le bismuth, etc., et, dans tous les cas, le simple soufflage de l'arc par la bouche suffisait à faire apparaître les raies d'étincelle.

Dans une autre série d'expériences nous avons été amenés à établir une méthode à la fois simple et très efficace pour faire apparaître les raies d'étincelle dans l'arc. Elle semble également pouvoir fournir des indications plus précises sur l'origine de ces raies. Cette méthode consiste à placer entre les deux électrodes, avant l'amorçage de l'arc, une goutte d'un liquide transparent, tel que l'eau distillée, le pétrole, la glycérine, l'alcool, etc. Le mode opératoire est le suivant : les deux électrodes, dont l'une peut être un charbon ou un crayon de graphite, sont montées verticalement l'une au-dessus de l'autre. L'électrode inférieure est fixe, tandis que l'autre peut être déplacée rapidement, dans le sens vertical, à l'aide d'un moyen mécanique. Toutes deux sont arrondies du bout. On rapproche d'abord les deux électrodes jusqu'à 3^{mm} ou 2^{mm} l'une de l'autre et, à l'aide d'un blaireau ou d'une pipette, on pose une goutte du liquide entre elles. Cette goutte reste en place grâce aux forces capillaires. Le courant étant disposé, on rapproche l'électrode supérieure jusqu'à ce qu'elle vienne toucher l'électrode inférieure, après quoi on la remonte rapidement à une distance de 1^{cm} ou 2^{cm} de l'électrode fixe. Ce mouvement est accompagné de la production, dans l'espace entre les électrodes, d'un phénomène lumineux se composant de deux phases distinctes. La première phase commence au moment même de la séparation des deux électrodes et elle prend fin avec la destruction de la couche liquide par la décharge qui la traverse. C'est pendant cette phase que les raies d'étincelle atteignent un degré de développement comparable à celui qu'elles accusent dans les étincelles de capacité. La distance entre les électrodes à la fin de la première phase est de $0^{mm},1$ à $0^{mm},5$ environ, selon la nature du liquide. La seconde phase est généralement constituée

par la formation entre les deux électrodes d'un arc de très courte durée et qui s'éteint quand la distance entre elles atteint de 2^{mm} à 7^{mm}. Dans cette seconde phase les raies de flamme et d'arc sont bien développées, tandis que les raies d'étincelle deviennent beaucoup plus faibles et s'arrêtent souvent brusquement au milieu de la phase, comme si un changement subit dans la structure des centres d'émission venait de se produire. Nous estimons que la vitesse de déplacement de l'électrode mobile était dans nos expériences d'environ 1^m par seconde, de telle sorte que la durée de la première phase serait à peu près de $0^s,0001$ à $0^s,0005$ et celle de la seconde phase d'environ $0^s,007$. Outre les raies dues au métal des électrodes, on obtient dans la couche liquide, les raies de l'hydrogène H_α et H_β dont l'aspect est analogue à celui observé dans l'étincelle condensée, c'est-à-dire qu'elles sont élargies et diffuses, H_β surtout. Si le liquide employé, tel que le pétrole ou la glycérine, contient du carbone, on obtient alors, principalement pendant la seconde phase, les bandes du carbone 3883 et 4216. Dans ces expériences la couche liquide ne paraît pas se comporter comme un diélectrique, puisque des électrolytes essayés par nous ont donné le même résultat. Il nous semblerait plutôt que le liquide empêche simplement, ou tout au moins retarde, la formation d'un arc proprement dit, et, par ce fait, s'oppose à l'ionisation efficace des vapeurs au moment de l'amorçage. En employant, comme couche liquide, de l'eau distillée, nous avons pu relever *dans l'arc les raies d'étincelle* suivantes pour le plomb : 2204, 2698, 2930, 3018, 3787, 4243, 4245, 4387, 5043, 5372, 5545, 5609, 5876 et 6660. Pour l'étain : 3284, 3352, 3907, 4330, 4586, 4618, 5100, 5224, 5333, 5562, 5589, 5799, 6453, 6760 et 6844.

L'apparition simultanée des raies de l'hydrogène et des raies d'étincelle pourrait porter à croire que l'émission de ces dernières est liée à la présence de l'hydrogène, comme l'avaient déjà suggéré MM. Crew (1), Fowler et Payne (2), et Hartmann et Éberhard (3). Mais des expériences avec des arcs dans divers gaz, à la pression atmosphérique, nous ont cependant démontré que, quoique les raies d'étincelle soient plus prononcées dans une atmosphère d'hydrogène ou de gaz d'éclairage, on les obtient également dans l'oxygène et dans l'azote. Comme dans l'air, c'est surtout au moment de l'amorçage que sont émises les raies de l'étincelle. C'est égale-

(1) H. Crew, *Astroph. Journ.*, vol. 12, 1900, p. 167.

(2) Fowler et Payne, *Proceed. Roy. Soc.*, vol. 72, 1903, p. 253.

(3) Hartmann et Eberhard, *Astroph. Journ.*, vol. 17, 1903, p. 278.

ment à ce moment que les raies de l'hydrogène sont émises fortement et comme avec les couches liquides. Elles sont élargies et diffuses, et leur caractère se rapproche beaucoup de celui qu'on observe avec des étincelles de capacité, éclatant dans l'hydrogène, à la pression atmosphérique. L'arc entre électrodes de plomb ne se maintient pas dans ces gaz et s'éteint presque immédiatement après l'amorçage, comme si la conductibilité des vapeurs dans ces conditions était trop faible. Par contre, il importe de mentionner que, dans les mêmes conditions, un arc entre électrodes de magnésium se maintient très stable dans une atmosphère d'azote et, fait significatif, les raies d'étincelle sont à peine visibles dans son spectre. Le régime permanent de l'arc, dans ce cas, semble bien être dû à une meilleure conductibilité des vapeurs, causée, sans doute, par une réaction chimique entre le magnésium et l'azote.

Pour pouvoir étudier l'effet du refroidissement des électrodes et des vapeurs, nous avons fait passer l'arc dans l'air liquide, c'est-à-dire à la température d'environ $-190°$ C. Les électrodes métalliques furent installées dans un vase de verre, à double paroi, rempli d'air liquide, de manière à se trouver entièrement immergées. L'arc est instable dans l'air liquide et s'éteint généralement peu après son amorçage. La formation, à chaque éclat d'arc, de nombreuses bulles d'air gazeux témoigne du dégagement de chaleur autour du chemin de la décharge; mais la grande quantité de liquide froid empêche la vapeur et les électrodes de s'échauffer suffisamment pour permettre de maintenir l'arc. La conductibilité des vapeurs reste ainsi toujours peu élevée, et le spectre du plomb, obtenu dans ces conditions, montre les raies d'étincelles assez fortes, au moment de l'amorçage, et elles restent visibles sur presque tout le parcours de l'éclair.

Pour pouvoir tirer de l'ensemble de ces résultats des notions sur l'origine des raies d'étincelle, il est utile de rappeler d'abord quelques faits concernant leur émission dans l'étincelle électrique. Comme on le sait, ces raies sont fortement émises par l'étincelle de capacité éclatant entre électrodes froides à la pression atmosphérique.

Si l'on chauffe les électrodes, les raies d'étincelle diminuent d'intensité (1); la chaleur dégagée par les électrodes augmente la conductibilité de l'espace entre ces dernières, et la décharge peut s'effectuer avec une plus faible chute de potentiel. De même avec l'introduction d'une forte self-induction dans le circuit de décharge d'un condensateur, l'espace entre les

(1) C.-C. Schenck, *Astroph. Journ.*, vol. 14, 1901, p. 130.

électrodes est ionisé par la décharge initiale (décharge des électrodes), et ainsi le courant des oscillations peut traverser l'espace, sous l'impulsion d'une force électrique peu élevée.

Les raies d'étincelles sont notablement affaiblies dans ces conditions et elles apparaissent souvent au voisinage seulement des électrodes où la chute de potentiel est toujours plus considérable. Ainsi donc, les raies d'étincelle ne sont émises fortement que quand l'étincelle passe par des gaz ou vapeurs qui n'ont pas été ionisés préalablement, et dont la traversée par le courant nécessite l'application de hauts potentiels. En récapitulant les résultats des diverses séries d'expériences précédentes, nous voyons que des conditions analogues semblent régir l'apparition des raies d'étincelle dans l'arc.

L'arc à cathode de charbon ne donne pas les raies d'étincelle quand la pointe du charbon est fortement chauffée en brûlant au régime stable.

Si l'on souffle dans l'arc, de sorte que le degré d'ionisation de ses vapeurs soit diminué, les raies d'étincelle apparaissent. L'émission de ces raies devient très marquée si l'on empêche ou retarde la formation d'un arc proprement dit, à l'aide d'une goutte de liquide placée entre les électrodes.

En refroidissant fortement les électrodes à l'aide de l'air liquide, les raies d'étincelles sont émises assez fortement.

En résumé, la totalité des faits expérimentaux apportés ici, démontre que *les raies d'étincelle sont toujours émises quand le courant de l'arc électrique est contraint de traverser des milieux* (vapeurs ou gaz) *qui possèdent un degré d'ionisation relativement faible, c'est-à-dire qui offrent une forte résistance au passage de l'électricité*. Comme ce procédé implique l'application de forces électriques notables, donnant lieu dans le milieu traversé à des chutes de potentiel rapides, nous sommes amenés à conclure que l'émission des raies d'étincelle est liée à l'existence de champs électriques intenses. En effet, pour une différence de potentiel de 110 volts, l'intensité du champ électrique, dans l'espace entre les électrodes quand la distance entre ces dernières est $0^{mm},05$, est de 22000 $\frac{\text{volts}}{\text{cm}}$. Et, précisément, nous venons de montrer que les raies d'étincelle ne sont émises dans l'arc, que quand la distance entre les électrodes est encore précisément très petite, c'est-à-dire au moment de l'amorçage et pendant la première phase de l'arc à goutte liquide.

NOMINATIONS.

M. H. **Deslandres** est désigné pour faire une lecture dans la séance publique des cinq Académies, qui aura lieu le 25 octobre prochain.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les ensembles parfaits partout discontinus.* Note de M. L. **Antoine**.

J'ai montré, dans une Note précédente [1], qu'on peut définir tout ensemble parfait discontinu P de l'espace E_n au moyen d'une infinité dénombrable de surfaces polygonales V (variétés à $n-1$ dimensions) dont chacune a un nombre fini de sommets. Il en est résulté que, si P et p sont deux tels ensembles plans, il existe une homéomorphie de ces plans faisant correspondre P et p. Ceci n'est pas entièrement généralisable à un espace quelconque. On peut toutefois généraliser en partie.

Sur chaque surface V de définition de P marquons un point M et un cube à $n-1$ dimensions Σ, appartenant à une face de V et contenant M. Considérons une surface V particulière et supposons, pour fixer les idées, qu'elle contienne à son intérieur deux surfaces V_1 et V_2 de l'ordre immédiatement supérieur. Dans le domaine D intérieur à V et extérieur à V_1 et V_2, je trace deux lignes polygonales L_1, L_2, d'un nombre fini de sommets, ne se coupant pas et joignant M respectivement à M_1 et M_2. On peut alors déduire de L_1 et L_2 un domaine Δ, homéomorphe à un cube à n dimensions, intérieur à D, ayant pour frontières sur V, V_1, V_2 respectivement les cubes Σ, Σ_1, Σ_2.

Je fais ainsi pour toutes les surfaces V qui définissent P. En ajoutant l'ensemble P aux domaines Δ on obtient un ensemble homéomorphe à un cube à n dimensions, P ayant pour homologue un ensemble rectiligne donné sur la frontière de ce cube. Ajoutons encore aux Δ un domaine non

[1] *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 661.

borné de E_n et utilisons le résultat rappelé ci-dessus relativement aux ensembles plans. Nous arrivons aux énoncés suivants, dans lesquels w_i désigne un plan à i dimensions de l'espace e_n et W_i une variété de E_n homéomorphe à w_i.

I. *On peut toujours faire passer par* P *une* W_{n-1} *de façon que l'une des régions déterminées par* W_{n-1} *dans* E_n *soit homéomorphe à l'une des régions déterminées par* w_{n-1} *dans* e_n, *cette homéomorphie faisant correspondre à* P *un ensemble parfait discontinu rectiligne donné sur* w_{n-1}.

II. Si $1 \leq i \leq n-1$, il existe une W_i contenant P, dont on peut réaliser la correspondance avec w_i de façon que P ait pour homologue un ensemble rectiligne donné sur w_i.

Si $i = n$, W_i se confond avec E_n et la réalisation précédente est encore possible si $n = 1$ ou $n = 2$. Pour $n > 2$, elle est en général impossible.

III. Soit $i = 1$ ou $i = 2$ et une W_i contenant P. On peut toujours réaliser la correspondance entre W_i et w_i de façon que P ait pour homologue un ensemble rectiligne donné sur w_i.

Si $2 < i \leq n-1$, ceci n'est en général possible que pour les w_i particulières de l'énoncé II.

Appliquons ceci à l'ensemble P de E_3, déduit de tore, défini dans la note citée, dont la correspondance avec un ensemble rectiligne ne peut s'étendre à aucun voisinage. Il en résulte qu'il existe dans E_3 une surface homéomorphe à une sphère, la correspondance s'étendant aux intérieurs de ces surfaces, mais pas aux extérieurs (au moins au voisinage des points de P). On sait que, au contraire, la correspondance entre deux courbes de Jordan planes peut s'étendre à la totalité de leurs plans. Ceci montre pourquoi des méthodes qui ont réussi pour démontrer le théorème de M. Jordan sur les courbes planes fermées, n'ont pas pu être appliquées à un espace quelconque.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains systèmes associés d'équations aux différences finies et d'équations aux dérivées partielles linéaires.* Note de M. **J. Kampé de Fériet**, présentée par M. Appell.

I. Étant donnée une fonction hypergéométrique (au sens le plus général)

$$F(x, y) = \Sigma a_{m,n} x^m y^n,$$

définie par les conditions

$$(1) \qquad \frac{a_{m+1,n}}{a_{m,n}} = \frac{P(m, n)}{R(m, n)}, \qquad \frac{a_{m,n+1}}{a_{m,n}} = \frac{Q(m, n)}{S(m, n)},$$

on peut, dès qu'on a mis les polynomes P, Q, R, S sous une forme appropriée, obtenir un système de deux équations aux dérivées partielles linéaires vérifiées formellement par cette fonction [1]. Or, les conditions (1) écrites de la manière suivante :

$$\mathrm{R}a_{m+1,n} - \mathrm{P}a_{m,n} = 0, \qquad \mathrm{S}a_{m,n+1} - \mathrm{Q}a_{m,n} = 0$$

constituent un système de deux équations aux différences finies linéaires du premier ordre. On est donc naturellement conduit à examiner si la méthode employée pour former les équations aux dérivées partielles des fonctions hypergéométriques générales ne pourrait pas s'étendre *aux fonctions plus générales* $\mathrm{F}(x, y)$, *telles que les coefficients* $a_{m,n}$ *vérifient un système de deux équations aux différences finies linéaires, mais d'ordre quelconque :*

$$(2) \qquad \sum_{r=0,\, s=0}^{r=p,\, s=q} \mathrm{P}_{r,s}(m, n)\, a_{m+r,n+s} = 0,$$

$$(2') \qquad \sum_{r=0,\, s=0}^{r=p',\, s=q'} \mathrm{Q}_{r,s}(m, n)\, a_{m+r,n+s} = 0,$$

$\mathrm{P}_{r,s}$ et $\mathrm{Q}_{r,s}$ désignant des polynomes en m et n, au nombre de $(p+1)(q+1)$ et $(p'+1)(q'+1)$, soumis seulement aux restrictions suivantes : 1° les degrés de $\mathrm{P}_{r,s}$ et $\mathrm{Q}_{r,s}$ sont au plus égaux respectivement à ceux de $\mathrm{P}_{p,q}$ et $\mathrm{Q}_{p',q'}$; 2° $\mathrm{P}_{p,q}$ et $\mathrm{Q}_{p',q'}$ ne s'annulent pour aucune valeur des entiers positifs m et n; 3° les équations (2) et (2') sont compatibles.

Effectivement, je vais montrer qu'il est aisé, dès que les polynomes $\mathrm{P}_{r,s}$ *et* $\mathrm{Q}_{r,s}$ *sont donnés, de former un système de deux équations aux dérivées partielles linéaires, vérifiées par toute fonction* $\mathrm{F}(x, y)$, *dont les coefficients* $a_{m,n}$ *satisfont aux équations* (2) *et* (2').

II. La démonstration repose, comme pour les fonctions hypergéométriques générales, sur la possibilité de mettre un polynome arbitraire $\Pi(m,n)$ sous la forme

$$(3) \qquad \Pi(m, n) = \sum_{j,k} \lambda_{j,k} \mathrm{A}_m^j \mathrm{A}_n^k,$$

$$\mathrm{A}_m^j = m(m-1)\ldots(m-j+1), \qquad \mathrm{A}_n^k = n(n-1)\ldots(n-k+1)$$

et sur l'identité évidente

$$(4) \qquad x^m y^n \Pi(m, n) = \sum_{j,k} \lambda_{j,k} x^j y^k \frac{\partial^{j+k}}{\partial x^j \partial y^k}(x^m y^n)$$

[1] *Sur les systèmes d'équations aux dérivées partielles des fonctions hypergéométriques les plus générales* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1634).

Nous mettrons donc les polynomes P et Q sous la forme (3) de la manière suivante :

$$\mathrm{P}_{r,s}(m-r,\ n-s)=\sum_{j,k}\alpha_{j,k}^{(r,s)}\mathrm{A}_m^j\mathrm{A}_n^k \qquad \begin{pmatrix} r=0,\ 1,\ \ldots,\ p \\ s=0,\ 1,\ \ldots,\ q \end{pmatrix},$$

$$\mathrm{Q}_{r,s}(m-r,\ n-s)=\sum_{j,k}\beta_{j,k}^{(r,s)}\mathrm{A}_m^j\mathrm{A}_n^k \qquad \begin{pmatrix} r=0,\ 1,\ \ldots,\ p' \\ s=0,\ 1,\ \ldots,\ q' \end{pmatrix}.$$

Voici quel est alors le système vérifié par la fonction $\mathrm{F}(x, y)$:

$$(5)\qquad \frac{\partial^{p+q}}{\partial x^p\,\partial y^q}\left[\sum_{j,k}\left(\sum_{r,s}\alpha_{j,k}^{(r,s)}x^{p-r}y^{q-s}\right)x^jy^k\frac{\partial^{j+k}\mathrm{F}}{\partial x^j\,\partial y^k}\right]=0,$$

$$(5')\qquad \frac{\partial^{p'+q'}}{\partial x^{p'}\,\partial y^{q'}}\left[\sum_{j,k}\left(\sum_{r,s}\beta_{j,k}^{(r,s)}x^{p'-r}y^{q'-s}\right)x^jy^k\frac{\partial^{j+k}\mathrm{F}}{\partial x^j\,\partial y^k}\right]=0.$$

En effet, si l'on développe en série, selon les puissances de x et y, les crochets de (5) et (5'), le coefficient de $x^{m+p}y^{n+q}$ dans le premier, et celui de $x^{m+p'}y^{n+q'}$ dans le second ($m\geqq 0$, $n\geqq 0$) se réduisent, d'après l'identité (4), au premier membre des équations (2) et (2') respectivement; ils sont donc identiquement nuls; quant aux termes en $x^{m+p}y^{n+q}$ et $x^{m+p'}y^{n+q'}$, pour lesquels $m<0$ ou $n<0$, ils disparaissent quand on dérive les crochets.

L'ordre de (5) est égal au degré de $\mathrm{P}_{p,q}$ augmenté de $p+q$, l'ordre de (5') au degré de $\mathrm{Q}_{p'q'}$ augmenté de $p'+q'$. Les équations des fonctions hypergéométriques générales se déduisent, comme cas particulier de (5) et (5'), en faisant $p=1$, $q=0$, $p'=0$, $q'=1$.

III. Il devient inutile de dériver les crochets lorsque les polynomes P et Q sont tels que $\mathrm{P}_{r,s}(m, n)$ et $\mathrm{Q}_{r,s}(m, n)$ contiennent en facteur $\mathrm{A}_{m+r}^r\mathrm{A}_{n+s}^s$, condition qui s'exprime par les relations

$$\alpha_{j,k}^{(r,s)}=\beta_{j,k}^{(r,s)}=0 \qquad (0\leqq j<r,\ 0\leqq k<s).$$

Le système s'écrit alors simplement

$$(6)\qquad \sum_{j,k}\left(\sum_{r,s}\alpha_{j,k}^{(r,s)}x^{p-r}y^{q-s}\right)x^jy^k\frac{\partial^{j+k}\mathrm{F}}{\partial x^j\,\partial y^k}=0,$$

$$(6')\qquad \sum_{j,k}\left(\sum_{r,s}\beta_{j,k}^{(r,s)}x^{p'-r}y^{q'-s}\right)x^jy^k\frac{\partial^{j+k}\mathrm{F}}{\partial x^j\,\partial y^k}=0;$$

en outre l'équation (6) est divisible par x^py^q et (6') par $x^{p'}y^{q'}$.

Supposons, pour donner un exemple, que l'on ait

$$\mathrm{P}_{r,s}(m,\ n)=\lambda_{r,s}\mathrm{A}_{m+r}^r\mathrm{A}_{n+s}^s,$$
$$\mathrm{Q}_{r,s}(m,\ n)=\mu_{r,s}\mathrm{A}_{m+r}^r\mathrm{A}_{n+s}^s,$$

les λ et les μ désignant des constantes. On en déduit

$$\alpha_{j,k}^{(r,s)} = \beta_{j,k}^{(r,s)} = 0 \qquad (j \neq r,\ k \neq s),$$
$$\alpha_{r,s}^{(r,s)} = \lambda_{r,s}, \qquad \beta_{r,s}^{(r,s)} = \mu_{r,s}.$$

Par conséquent, les équations (6) et (6′) se réduisent ici à

$$\sum_{r,s} \lambda_{r,s} \frac{\partial^{r+s} F}{\partial x^r \, \partial y^s} = 0, \qquad \sum_{r,s} \mu_{r,s} \frac{\partial^{r+s} F}{\partial x^r \, \partial y^s} = 0,$$

équations à coefficients constants.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur les compas gyrostatiques Anschütz et Sperry.* Note de M. **H. Beghin**, présentée par M. Appell.

1. Le compas Anschütz de la marine allemande est formé d'un flotteur portant trois gyrostats.

Les petites oscillations de ce compas sont régies par les équations

$$\begin{aligned}
&J\left(\frac{d^2 u}{dt^2} + b\frac{d^3 u}{dt^3}\right) + C\omega\frac{d\alpha}{dt} \\
&\qquad + C\omega(1+\sqrt{3})\frac{d\lambda}{dt} + [aP + \rho(1+\sqrt{3})]\left(u + b\frac{du}{dt}\right) - cu = 0,
\end{aligned}$$

$$I\frac{d^2\lambda}{dt^2} - C\omega(1+\sqrt{3})\left(\frac{du}{dt} + b\frac{d^2 u}{dt^2}\right) + \rho(1+\sqrt{3})\lambda + \rho\alpha = 0,$$

$$A\left(\frac{d^2\lambda}{dt^2} + \frac{d^2\alpha}{dt^2}\right) - C\omega\left(\frac{du}{dt} + b\frac{d^2 u}{dt^2}\right) + \rho(\lambda + \alpha) + p^2\alpha = 0,$$

$$J\left(\frac{d^2 v}{dt^2} + b\frac{d^3 v}{dt^3}\right) + C\omega\frac{d\beta}{dt} + aP\left(v + b\frac{dv}{dt}\right) - cv = 0,$$

$$2A\frac{d^2\beta}{dt^2} - C\omega\left(\frac{dv}{dt} + b\frac{d^2 v}{dt^2}\right) + q^2\beta + \rho\sqrt{3}\beta = 0,$$

où λ désigne l'azimut de la ligne Nord-Sud de la rose, $-\left(u + b\frac{du}{dt}\right)$ son inclinaison, $-\left(v + b\frac{dv}{dt}\right)$ l'inclinaison de la ligne Est-Ouest; α et β sont des paramètres définissant la position des gyrostats par rapport au flotteur; les autres lettres désignent des constantes.

Les variables se séparent en deux groupes u, λ, α et v, β, qui oscillent indépendamment l'un de l'autre. Chacune des variables u, λ, α s'exprime par une somme de quatre termes : un terme apériodique, deux termes sinusoïdaux amortis, un terme sinusoïdal. Ces trois termes sinusoïdaux ont

pour périodes sensiblement

$$2\pi C\omega\sqrt{\frac{1+\sqrt{3}}{\rho(a\text{P}-c)}};\quad 2\pi\sqrt{\frac{1+\text{A}(3+\sqrt{3})}{\rho(3+\sqrt{3})+2p^2(2+\sqrt{3})}};\quad \frac{2\pi}{C\omega}\sqrt{\frac{\text{AIJ}}{1+\text{A}(3+\sqrt{3})}};$$

le premier, dont la période est longue, est prépondérant; son facteur d'amortissement est à peu près $\dfrac{bc\rho(\sqrt{3}-1)}{4C^2\omega^2}$.

Pour les variables ψ et β, le nombre de termes sinusoïdaux est deux seulement; leurs périodes sont sensiblement

$$\frac{2\pi C\omega}{q\sqrt{a\text{P}-c}} \quad \text{et} \quad \frac{2\pi}{C\omega}\sqrt{2\text{AJ}}.$$

Le premier de ces deux termes est prépondérant; son facteur d'amortissement est à peu près $\dfrac{bcq^2}{2C^2\omega^2}$.

L'amortissement étant négligé, les déviations balistiques dues à un changement de vitesse ou de cap sont presque annulées si l'on prend $2\pi\sqrt{\dfrac{\text{R}}{g}}$ comme période du terme prépondérant des variables u, λ, α (R, rayon de la Terre). A la fin de l'évolution, la ligne Nord-Sud du compas se trouve d'elle-même fixée dans sa nouvelle position, tandis que l'oscillation continue autour de cette ligne.

Le dispositif amortisseur se prête mal au réglage des amortissements des deux groupes de variables. Deux systèmes de vases communicants disposés dans deux plans rectangulaires permettraient de régler séparément ces deux amortissements.

2. Le dernier compas américain Sperry comporte deux gyrostats montés dans un bâti asservi électriquement à l'un d'eux.

Les petites oscillations de ce compas sont régies par un système d'équations qui, dans le cas où l'action gyrostatique est prépondérante, se réduit aux suivantes :

$$C\omega\frac{d\beta}{dt}+klc\beta+\rho\psi+kl^2\alpha-klc\gamma=0,$$

$$C\omega\frac{d\psi}{dt}+(a\text{P}+\rho+kc^2)\beta-klc\alpha+kc^2\gamma=0,$$

$$C\omega\frac{d\gamma}{dt}-klc\beta+\rho\psi+(\rho-m-kl^2)\alpha+klc\gamma=0,$$

$$C\omega\left(\frac{d\psi}{dt}+\frac{d\alpha}{dt}\right)-kc^2\beta-klc\alpha+(2a\text{P}-\rho+kc^2)\gamma=0;$$

ψ désigne l'azimut du compas; α, β, γ définissent la position des gyrostats par rapport au bâti; les autres lettres désignent des constantes.

Le système n'est stable que si $m(2\rho - m) + 2kl^2(4\rho - m)$ est négatif.

Le mouvement s'obtient en superposant deux oscillations amorties dont les pulsations x_1, x_2 vérifient à peu près

$$C^4\omega^4x^4 - C^2\omega^2 a P x^2(2m + kl^2 - \rho) + 2\rho a^2 P^2(m + 2kl^2 - \rho) = 0.$$

Le décrément de l'oscillation de pulsation x_1 est sensiblement

$$\frac{\pi klc}{C^2\omega^2}\,\frac{(4\rho - 3m)aP + 2C^2\omega^2 x_1^2}{x_1(x_1^2 - x_2^2)}.$$

Lorsque le navire change de vitesse ou de cap, le compas se trouve, à la fin de l'évolution, occuper lui-même sa nouvelle position d'équilibre si $\frac{R}{g} = \frac{C^2\omega^2}{\rho a P}$ (R, rayon de la Terre), l'amortissement étant négligé; mais sa vitesse n'y est pas nulle, et des oscillations se produisent.

GÉOGRAPHIE. — *Sur une expédition du* Pourquoi-Pas? *à Rockall.*
Note de M. **Charcot**.

L'îlot de Rockall, mesurant 20^m de diamètre sur 21^m de hauteur, se dresse isolé, dans la partie orageuse de l'Atlantique, à 240 milles marins de la côte nord-ouest de l'Irlande; ses parois presque partout inaccessibles, l'état de la mer, qui constamment vient se briser contre elles, les remous qui en résultent, rendent le débarquement extrêmement difficile et périlleux, et il semble qu'il n'ait été effectué jusqu'ici que deux fois, en 1810 (frégate anglaise *Endymion*) et en 1862 (navire hydrographique britannique *Porcupine*); en 1896, une expédition scientifique irlandaise a vainement tenté d'y accoster.

M. le professeur A. Lacroix, m'ayant signalé l'intérêt que présenterait une nouvelle étude de la roche spéciale (rockallite) recueillie jadis sur ce rocher, j'ai obtenu de M. le Ministre de la Marine toutes les facilités nécessaires pour effectuer dans ces parages une croisière à l'aide du *Pourquoi-Pas?* Le but de l'entreprise était précis : « tenter un débarquement sur le rocher, y recueillir le plus possible d'échantillons de roches, examiner un détail de structure observé de loin par l'expédition irlandaise, enfin, subsidiairement, entreprendre des recherches océanographiques sur le banc de Rockall ».

Favorisés par le temps, grâce au dévouement et à l'entraînement de tous mes collaborateurs ([1]), nous avons pu réaliser en tous points ce programme, malgré les grandes difficultés qu'il présentait.

Le *Pourquoi-Pas*? appareillait de Cherbourg le 19 juin et mouillait en rade de Stornoway le 25 au soir; il en repartit le 27 et, le 29, à $9^h 30^m$; il se trouvait à 400^m de Rockall; le temps était très beau, clair, avec vent faible de l'W-NW et houle de cette direction. A 10^h, la baleinière et le canot n° 1, tous deux pourvus du matériel nécessaire, poussaient du bord. Je donnai le commandement de la baleinière disposée pour le débarquement au lieutenant de vaisseau de Tournemire et je pris celui du canot, prêt à porter secours en cas d'incident. Nous fîmes le tour de Rockall et pûmes nous rendre compte qu'à ce moment un débarquement n'était possible que sur une petite saillie de l'angle sud-sud-est où la mer brisait le moins. Profitant d'un instant favorable, Moussard, matelot fonctionnaire du Muséum, bondit sur le rocher recouvert d'algues et gagna une sorte de crevasse où Le François, marin de l'État, le rejoignit. La baleinière se tenant à distance, un va-et-vient fut établi, par lequel furent passés des marteaux, masse et ciseaux, puis évacués les échantillons dont le prélèvement fut extrêmement difficile et pénible par suite de la configuration du rocher, de sa dureté et aussi de l'instabilité de la position des deux hommes. Pendant cette opération, le canot put accoster la paroi verticale est de Rockall et y recueillir des algues.

A $11^h 15^m$, non sans difficulté, les deux hommes sautaient dans la baleinière et nous rentrions à bord, après nous être rendu compte qu'il était impossible d'approcher de la tête de roche de Hazelwood, située à 200^m environ au nord de Rockall, qui, déterminant brisants et remous, ne se montre qu'entre deux ondulations de houle.

Nous appareillâmes aussitôt pour commencer sur le Banc de Rockall des études océanographiques préalablement concertées.

Le 1er juillet, le temps était toujours clair et il faisait calme, mais la houle de l'Ouest était très prononcée. A 19^h, nous étions revenus à Rockall; la mer brisait beaucoup plus fort que précédemment; néanmoins nous avons procédé à un nouveau débarquement. Après nous être assurés que, cette fois encore, du côté de la paroi verticale faisant face au NE,

([1]) L'état-major du *Pourquoi-Pas?* se composait de MM. le lieutenant de Tournemire, second; Hamel, naturaliste; P. Le Conte, artiste peintre; Y. Lecam, maître, principal pilote de la flotte, et moi-même, capitaine de corvette de réserve, commandant. Sauf trois marins, employés du Muséum, l'équipage était composé de 23 matelots appartenant à la Marine nationale.

il n'y avait ni brisants, ni remous, mais seulement une très forte levée, M. de Tournemire sortit de cet abri dans une seconde d'accalmie, et permit ainsi à M. Le Conte et au gabier Bonnichon de sauter sur un petit promontoire, situé à quelques mètres de celui où avait été effectué le premier débarquement. De nouveaux échantillons purent être ainsi recueillis.

Nos recherches océanographiques se sont prolongées jusqu'au 4 juillet; nous avons pu effectuer douze stations, comprenant sondages, prises d'eau et de température, dragages et chalutages.

En dehors des collections recueillies et préparées par le naturaliste, M. Hamel, des observations prises par M. de Tournemire, le maître-pilote Lecam et moi-même, M. Le Conte, tout en relevant les températures d'eau de mer et en prélevant les échantillons, fit un grand nombre de croquis et d'aquarelles, relevant des détails de la coloration et de la configuration du rocher, de la distribution des algues, etc.

Bien que la description, qui a été donnée de Rockall, soit en général exacte, j'ai pu la compléter sur quelques détails, car, grâce à des circonstances exceptionnellement favorables, nous l'avons étudié de fort près. La face exposée à l'Est, formant une muraille absolument verticale, est d'une coloration gris foncé; elle est martelée, comme si elle avait servi de but à des tirs à obus pleins. Certaines de ces excavations sont assez profondes pour que s'y tiennent des oiseaux (en particulier *Rissa tridactyla*). Des algues touffues et abondantes tapissent la partie de la muraille baignée par la mer. Vu de l'Ouest, Rockall ressemble à un énorme casque à pointe, dont la convexité est tournée à l'Ouest, et qui serait fendu transversalement suivant un diamètre orienté N-S. La partie basse, constituant la visière, a de 2^m à 5^m de hauteur au-dessus du niveau moyen de la mer; elle est séparée de la partie supérieure du casque par un sillon plus ou moins profond. C'est dans cette partie inférieure que les explorateurs de l'expédition irlandaise avaient cru voir une stratification; l'examen que nous avons fait de près, avec le plus grand soin, nous conduit à constater qu'une telle stratification n'existe pas; d'ailleurs l'étude de nos échantillons faite par M. A. Lacroix [1] montre que la constitution lithologique de cette portion du rocher ne diffère pas de celle de sa portion supérieure. Les particularités de sa forme sont certainement dues à l'action de la mer, plus violente de ce côté que sur les autres faces.

Toute la base de Rockall, en contact continu avec la mer, est matelassée

---

([1]) Cf. p. 267.

par une épaisse couche d'algues, d'un brun rouge, que M. Hamel rapporte aux *Alaria*. Au-dessus se trouvent, entretenues par l'humidité des embruns, des algues vertes et violettes. Plus haut, apparaît la roche à vif, de coloration grise; son sommet, couvert de déjections d'oiseaux, a la blancheur et l'aspect de la neige. Rockall est habitée en effet par des milliers d'oiseaux dont la répartition par groupes a été soigneusement notée par M. Le Conte; par moments, prenant leur vol en masses, ils simulent un panache de fumée. Ces oiseaux sont peu farouches et la sirène du bateau, mise en action alors que nous passions à une trentaine de mètres, les laissait complètement indifférents.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le potentiel minimum de décharge électrique dans l'hydrogène aux basses pressions.* Note de M. **Emmanuel Dubois**, présentée par M. Villard.

Dans une Note précédente [1], nous avons montré les variations singulières du potentiel minimum de décharge dans l'hydrogène, et nous en avons donné un commencement d'interprétation : on obtient les valeurs supérieures de ce potentiel en laissant passer une décharge dans l'appareil, et les valeurs inférieures en chauffant ensuite le fil au rouge sombre dans le vide. Grâce à cette dernière opération, on peut espérer chasser la majeure partie des gaz occlus dans le fil, et penser par suite que ces gaz étaient la cause de l'élévation de potentiel observée après une décharge. Il est alors permis de croire que cet éloignement des gaz occlus sera d'autant plus aisé que le fil aura été chauffé à une température plus élevée.

Les expériences suivantes montrent qu'il n'en est rien : opérons avec un fil et un cylindre de platine, et fixons notre attention sur le potentiel de décharge V(—) pour lequel le fil est négatif : si, après avoir chauffé le fil au rouge sombre et obtenu les valeurs les plus basses de V(—), on chauffe le fil au blanc pendant quelques minutes, on obtiendra ensuite pour V(—) une valeur élevée, sensiblement égale à celle obtenue après une décharge dans le tube. On retrouve ensuite la valeur primitive en chauffant le fil au rouge sombre. Ces opérations peuvent se répéter un grand nombre de fois, sans qu'on observe la moindre décroissance dans l'amplitude de ces variations. Enfin, si on laisse l'appareil au repos, après avoir obtenu une valeur élevée de V(—), on obtiendra au bout de quelques heures une valeur de ce potentiel différant peu de sa valeur minima.

Soulignons un point essentiel : dans toutes ces expériences de chauffage du fil, les

[1] *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 224.

modifications de cette électrode lui sont vraisemblablement intérieures; elles se produisent aussi bien dans le vide que dans le gaz à une pression notable.

Nous pensons que le fil retient toujours des traces d'hydrogène; ce gaz montre une attitude différente à l'égard du métal, selon qu'il a été chauffé à une température élevée ou basse.

Il est bien difficile de dire d'une façon certaine la nature de ces changements; nous pensons qu'il peut se former à basse température une véritable combinaison entre le métal et l'hydrogène; cette combinaison se détruit à plus haute température en ne laissant que de l'hydrogène dissous dans le métal; la combinaison se reforme lentement si l'on abandonne l'appareil à lui-même.

Quand la décharge passe, les proportions entre l'hydrogène combiné et l'hydrogène dissous changent, soit par destruction de la combinaison, soit par dissolution d'une plus grande quantité de gaz puisqu'il pénètre effectivement du gaz dans l'électrode.

Le nickel et le palladium présentent exactement les mêmes particularités que le platine; d'ailleurs l'exemple du palladium est intéressant : l'existence d'une combinaison d'hydrogène et de palladium est connue depuis longtemps, et à cette combinaison vient se superposer une simple dissolution du gaz dans le métal. On conçoit que l'on puisse modifier à volonté les proportions d'hydrogène dissous et d'hydrogène combiné; c'est cette transformation qui influerait sur le potentiel minimum de décharge.

Campbell [1], étudiant le *potentiel d'ionisation* du platine dans l'hydrogène, a observé des singularités *correspondant* à celles qui altèrent le potentiel minimum de décharge.

Mais il ne semble avoir chauffé le platine que d'une seule manière : au rouge blanc; aussi n'a-t-il pas observé l'effet inverse qui se produit quand l'on chauffe le métal au rouge sombre.

Il suppose que le platine est recouvert à froid d'une couche d'hydrogène, disparaissant lorsque le fil a été chauffé au blanc. Nous ne saurions dire, dans l'état actuel de nos expériences, si cette manière de voir est préférable à celle que nous venons d'exposer.

---

(1) N. Campbell, *Phil. Mag.*, t. 29, 1915, p. 369.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la résistivité du sélénium.* Note de M. **H. Pélabon**, présentée par M. A. Haller.

Il est possible de mesurer la résistance du sélénium même quand ce corps est à l'état liquide en utilisant des électrodes d'or. L'or est en effet le seul métal inattaquable par l'élément dont il s'agit. Nous avons vérifié ce fait directement et constaté qu'une lame d'or maintenue plusieurs heures à 650°-690° dans un tube scellé renfermant du sélénium ne varie pas de poids.

La conductibilité électrique du sélénium liquide croît très vite quand la température s'élève jusqu'au point d'ébullition : 690°. Les nombres inscrits dans le Tableau suivant donnent une idée de cette diminution rapide de la résistance, nous les avons obtenus en utilisant des électrodes d'or de 3mm de largeur, 9mm de longueur, distantes de 5mm; ρ représente la résistivité spécifique en ohms-cm :

t.	ρ.
°	ohms
390	76650
412	38925
437	22340
465	12300
540	2247
582	992
645	237
690	88

Si l'on considère les logarithmes vulgaires des nombres qui représentent les différentes valeurs de ρ, on constate que les points obtenus, en portant ces nombres en ordonnées et les températures correspondantes en abscisses, se trouvent sur une ligne droite. La résistivité spécifique ρ du sélénium liquide est donnée avec une précision suffisante par la relation

$$\log \rho = 8,506 - 0,0095\, t.$$

Pendant la durée du refroidissement du sélénium, la résistance varie en sens inverse et l'on retrouve les mêmes nombres que ceux qu'on avait déterminés dans la période du réchauffement.

Vers 300°, la résistance diminue subitement, avec une vitesse telle qu'aucune mesure n'est possible, elle passe par une valeur minimum ρ' vers 300°, croît de nouveau faiblement quand la température s'approche de 260°, passe

par un maximum ρ'' et diminue enfin lentement jusqu'à la température ordinaire t.

Les nombres ρ' et ρ'', ainsi que les températures correspondantes t' et t'', varient d'une expérience à l'autre, ils doivent dépendre de la vitesse du refroidissement.

Le refroidissement lent du corps préalablement fondu, puis amené au voisinage du point d'ébullition, permet d'obtenir à la température t du laboratoire une variété de sélénium que j'appellerai S. C'est un solide gris, grenu, conducteur de l'électricité [la résistivité spécifique $\rho(t)$ est, en effet, de l'ordre de quelques centaines d'ohms], il est insensible à la lumière.

Le sélénium S_1 n'a pas des propriétés constantes. Portons-le à une température T supérieure à t. La résistivité prend une valeur moindre $\rho_1(T)$, ramenons-le à la température t, sa résistivité augmente pour prendre finalement une valeur $\rho_2(t)$ notablement différente de $\rho_1(t)$ et supérieure. Soit S_2 le sélénium correspondant. Amenons le sélénium S_2 à la température T, sa résistivité diminue et tend vers la valeur $\rho_2(T)$ supérieure à $\rho_1(T)$. Refroidissons de nouveau et nous arrivons au sélénium S_3 de résistivité $\rho_3(t)$ supérieure à $\rho_2(t)$ et ainsi de suite.

En faisant ainsi osciller la température entre les limites t et T, on obtient des séléniums gris de plus en plus résistants

$$S_1, \quad S_2, \quad S_3, \quad \ldots, \quad S_n.$$

Les nombres inscrits dans le Tableau suivant donnent une idée de l'importance de la variation de la résistivité spécifique pour chaque oscillation. Dans les expériences correspondantes on avait

$$t = 18^\circ, \qquad T = 132^\circ.$$

$\rho_1(t) = 377$ ohms	$\rho_1(T) = 304$ ohms
$\rho_2(t) = 447$ »	$\rho_2(T) = 319$ »
$\rho_3(t) = 486$ »	$\rho_3(T) = 326$ »
$\rho_4(t) = 521$ »	$\rho_4(T) = 332$ »
....	....

La variation de la résistivité spécifique $\rho(t)$ lors d'une oscillation de la température est d'autant plus grande que T est plus élevé. Quand cette température dépasse 190° la variation est considérable; de 370 ohms, ρ peut passer à 750 ohms, mais on observe alors que le corps ne reste pas gris, il noircit, ce qui indique un commencement de fusion.

Remarquons que les nombres $\rho(T)$ éprouvent des variations plus faibles que les nombres $\rho(t)$. Il résulte de là, que *le coefficient de température de* ρ

est d'autant plus élevé que la résistance initiale du sélénium est plus grande.

L'action de la lumière sur la conductivité du sélénium pourrait s'expliquer d'après cela par une action des radiations calorifiques.

Conformément à l'observation faite par Heschus, la sensibilité du sélénium à la lumière doit être d'autant plus grande que sa résistivité est plus élevée.

La variation du coefficient de température ne suffit pas pour expliquer la grande sensibilité de certaines piles à sélénium. Si l'on remarque que ces piles sont formées généralement avec des lames de cuivre, métal très facilement attaqué par le sélénium, que les piles que j'ai construites avec des lames d'or sont toujours très peu sensibles à la lumière, il est naturel de penser que les séléniures doivent intervenir dans le phénomène de la diminution de résistivité par l'éclairement.

En résumé : si le sélénium liquide, aux températures supérieures à 400°, a une résistivité bien déterminée pour une température donnée, il n'en est pas de même du sélénium gris dont on peut faire croître la résistivité à volonté. Ce sélénium ne peut subir des transformations réversibles, ses propriétés comme celles du soufre surfondu de Gernez varient avec les états par lesquels il a passé.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La dissolution retardée et la précipitation prématurée de la cémentite dans les aciers au carbone eutectiques et hypereutectiques.* Note [1] de M. **Sauvageot**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

Dans une Note récente [2], MM. A. Portevin et Chevenard ont signalé que la courbe de dilatation d'un acier eutectique au carbone présente fréquemment à l'échauffement, outre l'anomalie principale Ac, une période de forte dilatabilité consécutive à cette transformation : cette anomalie supplémentaire est interprétée comme une manifestation du retard à la dissolution de la cémentite. Au refroidissement, lorsque la température et la durée du chauffage au-dessus de Ac n'ont pas été suffisantes, on observe également, un peu avant le début de Ar, une région à forte dilatabilité correspondant à la précipitation prématurée du carbure Fe^3C.

Nous avons observé ces phénomènes d'une façon très nette au cours des recherches micrographiques sur la trempe des aciers à outils au carbone : de petits échantillons ($14 \times 14 \times 20^{mm}$) d'aciers à différentes teneurs en car-

(1) Séance du 25 juillet 1921.

(2) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1490.

bone, découpés dans des barres préalablement recuites, étaient chauffés rapidement, en 10 minutes environ, à des températures croissantes au-dessus de Ac, maintenus 5 minutes à la température maximum et trempés dans l'eau à 15°. Ces conditions de chauffage et de maintien sont évidemment très loin d'amener l'acier à son état d'équilibre à la température considérée, mais elles se rapprochent des conditions pratiques de chauffage avant trempe des outils. Les échantillons trempés étaient polis et examinés successivement après attaque à l'acide picrique et au picrate de soude bouillant, afin d'observer la dissolution progressive et la disparition finale de la cémentite.

L'un des aciers eutectiques examinés

$$(C = 0,885, Si = 0,160, Mn = 0,335)$$

avait initialement la structure représentée par les figures 1 et 2. En dehors des plages de perlite, il renferme de nombreux îlots épais de cémentite entourés de ferrite, répartis irrégulièrement et formant par endroits un réseau plus ou moins continu. Les traitements antérieurs ont donc permis au carbure de fer de cet acier *eutectique* de s'agglomérer localement en masses relativement grosses et compactes, au lieu de rester entièrement à l'état de lamelles fines interstratifiées avec des lamelles de ferrite, c'est-à-dire sous forme de perlite.

Tandis que les plages de perlite se transforment immédiatement en austénite au passage par Ac (vers 720°) et donnent de la martensite par trempe ultérieure, les îlots de cémentite coalescée sont beaucoup plus longs à disparaître. Après chauffage à 800° dans les conditions de nos expériences, il en reste encore par places des amas importants. Il faut chauffer à plus de 850° pour en amener la dissolution complète.

On conçoit que, même à cette dernière température, si le carbure est complètement dissous, sa répartition dans la solution solide ne doit pas être uniforme, la concentration étant la plus forte dans les régions où se trouvaient les particules dissoutes les dernières. Par suite, la cémentite doit tendre à se précipiter de nouveau, au refroidissement, avant le passage par Ar, dans les régions où elle était primitivement en excès.

Nous avons vérifié ce fait de la façon suivante : deux échantillons semblables A et B du même acier eutectique ont été chauffés ensemble à 850° ; A a été trempé immédiatement ; B a été laissé refroidir dans le four en 15 minutes jusqu'à 725°, c'est-à-dire un peu au-dessus de Ar de manière à laisser au carbure de fer la possibilité de reprécipiter, puis trempé. Or, tandis que A ne montre plus que de très rares vestiges de cémentite (*fig.* 3), B en ren-

ferme encore des amas importants. La figure 4 représente précisément après traitement le point dont la figure 2 donne l'état initial ([1]); on voit que la quantité de carbure de fer est encore assez grande. Comme, d'après l'échan-

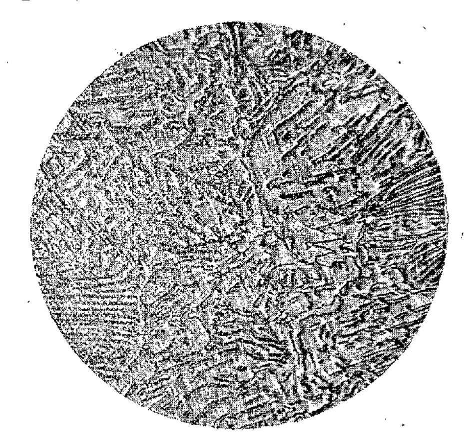


Fig. 1. — Attaque à l'acide picrique × 675.

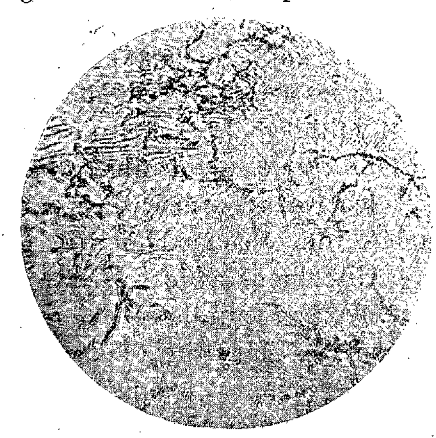


Fig. 2. — Attaque au picrate de soude × 175.

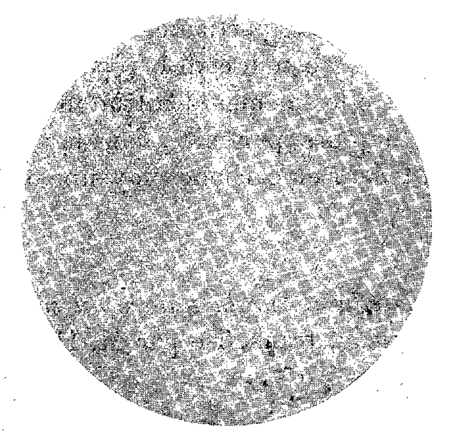


Fig. 3. — Échantillon trempé à l'huile à 850°. Attaque au picrate de soude × 175.

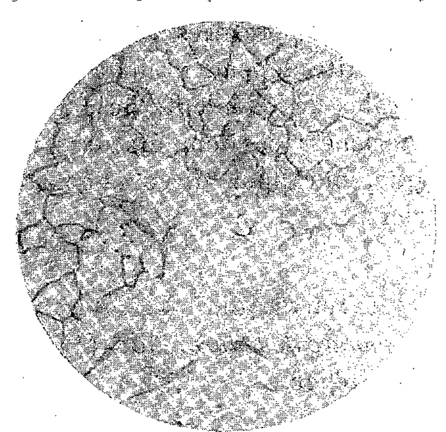


Fig. 4. — Même point que la fig. 2 après chauffage à 850°, refroidissement à 725° et trempe à l'huile. Attaque au picrate de soude × 175.

tillon A, le carbure était à peu près complètement dissous à 850°, on doit en conclure qu'il s'est reprécipité dans B entre 850° et 725°. L'acier s'est donc comporté *localement* comme un acier hypereutectique.

([1]) Bien entendu, il a fallu, après le traitement, polir de nouveau la surface de l'échantillon, ce qui, indépendamment de la diffusion du carbone, a pu modifier la forme du réseau de cémentite observé. Néanmoins, la grande différence d'aspect semble prouver qu'il y a eu transformation complète de ce réseau par dissolution, légère migration et reprécipitation du carbure à la périphérie de certains polyèdres d'austénite.

En chauffant le même échantillon B à 900°, le laissant refroidir dans le four à 725° et trempant, nous n'avons plus observé nulle part de réseau de cémentite. Ce nouveau chauffage à 900° a donc permis au carbure dissous de se diffuser suffisamment dans l'austénite pour rendre celle-ci homogène et donner uniformément à l'acier la composition eutectique.

Dans les aciers totalement ou localement hypereutectiques, l'influence de l'état initial de la cémentite sur sa température de disparition est très importante; les éléments fins se dissolvent très vite, les gros éléments beaucoup plus lentement. Ainsi, dans un acier à 1,21 pour 100 de carbone où le carbure de fer se trouvait sous forme d'enveloppes fines autour des plages de perlite, nous avons observé la disparition du carbure au voisinage de 900°. Après recuit de cet acier à 800° avec refroidissement lent de manière à amener la cémentite à l'état sphéroïdal (perlite granulaire), le carbure ne disparaissait plus qu'à 925°-950°. Un autre acier moins carburé (C = 1,04 pour 100), mais encore plus coalescé, a dû être chauffé à 950° pour amener la dissolution complète de la cémentite.

Les températures trouvées pour la disparition des particules ultimes de cémentite dépendent donc essentiellement de la grosseur et de la répartition initiales des éléments de carbure, résultant elles-mêmes des traitements antérieurs; ces températures ne sont pas toujours, par suite, dans la pratique, en rapport direct et constant avec la teneur en carbone moyenne des aciers.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le système brome-tellure. Sur la nature du sous-bromure de tellure.* Note [1] de M. **A. Damiens**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Nous avons repris l'étude du système brome-tellure, en appliquant les procédés antérieurement suivis pour les iodures de tellure : analyse thermique, métallographie, étude de la vaporisation [2].

1° *Analyse thermique et métallographie.* — Le brome et le tellure se combinent à la température ordinaire pour donner le tétrabromure $TeBr^4$. Le brome ne dissolvant pas sensiblement ce dernier, l'étude thermique se réduit à celle du système $TeBr^4$-Te. La courbe a pu être tracée dans toutes ses parties. Elle montre l'existence d'un point eutectique et celle d'un point de transition sur lequel se décompose ou se dépose une solution solide de

[1] Séance du 25 juillet 1921.

[2] A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1140, et t. 172, 1921, p. 447.

tétrabromure dans le tellure. Il existe, de plus, des solutions solides de tellure dans le tétrabromure de l'autre côté du point eutectique.

On n'observe aucune anomalie au point correspondant à la composition $TeBr^2$. L'analyse thermique et la métallographie montrent que le produit de composition moyenne $TeBr^2$ se présente, à l'état solide, comme un mélange de solutions solides de tellure dans le tétrabromure, à composition variable, et d'un eutectique de deux solutions solides, l'une de tellure dans le tétrabromure, l'autre de tétrabromure dans le tellure.

2° *Étude de la vaporisation.* — En chauffant dans le vide, à diverses températures, des mélanges de composition variée, on obtient des résultats très différents de ceux fournis par le système iode-tellure. Nous avons fait ainsi trois expériences, l'une à 150°, où tous les produits restent entièrement solides, les autres à 220° et 280°, où se réalise la fusion, totale ou partielle, selon la composition.

En fin d'expérience, on observait dans chaque tube un résidu non volatilisé et deux produits sublimés. L'un, déposé dans les parties plus froides, se présentait comme une masse fibreuse noire; l'autre, jaune, très semblable au tétrabromure, s'était déposé entre le résidu et le produit précédent. En ce qui concerne chacun de ces sublimés, on a déterminé la vitesse moyenne de vaporisation (par gramme à l'heure) et la composition. Voici le détail de l'expérience faite à 280°, qui a duré une heure :

Composition du produit initial.

(Brome pour 100).

	9,59.	21,37.	26,20.	44,27.	55,54 ($TeBr^2$).	56,20.	69.	71,49 ($TeBr^4$).
Aspect des résidus..	Te	Te	Te	Te	Te (traces)	$TeBr^4$	$TeBr^4$	$TeBr^4$
				Masse noire.				
Vitesse moyenne de vaporisation.	0,119	0,277	0,385	0,714	0,89	0,910	0,066	tr.
Composition (¹) Te pour 100........	44,02	44,47	45,65	44,84	44,59	44,56	»	»
				Cristaux jaunes.				
Vitesse moyenne de vaporisation.....	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	0,0218	0,14	0,27
Composition (¹) Te pour 100........	»	»	»	»	»	»	28,3	28,7

La masse noire a donc la composition du sous-bromure $TeBr^2$, les cristaux jaunes celle du tétrabromure $TeBr^4$. Dans les expérien cesfaites à

(¹) Théorie pour $TeBr^2$: 44,46 pour 100 Te; $TeBr^4$: 28,51 pour 100 Te.

d'autres températures, on a trouvé les mêmes résultats. Dans tous les cas, la courbe des vitesses de vaporisation du produit noir présente nettement un maximum au voisinage[1] du point correspondant à la composition $TeBr^2$, composition qui doit donc être celle d'un composé défini.

Nous avons cherché à nous rendre compte des conditions de formation de ce corps. Pour cela, nous avons d'abord préparé deux séries de cinq tubes, contenant : le premier, du tétrabromure; le second, du tellure; le troisième, les deux produits mélangés; le quatrième, les deux produits parfaitement séparés par du coton; le cinquième, un sublimé noir de composition $TeBr^2$ obtenu dans une expérience antérieure. Les tubes, scellés dans le vide, ont été chauffés à 115° pendant 18 heures (1re série), à 92° pendant 15 heures (2e série). Ces températures sont éloignées respectivement d'environ 90° et 110° de celle où peut se produire la première fusion. Voici ce qui a été observé :

Numéro des tubes.	Produit initial.	Observations.
1...	$TeBr^4$	Sublimé jaune très faible ($TeBr^4$)
2...	Te	o
3...	$TeBr^4$ et Te mélangés	Sublimé noir abondant ($TeBr^2$)
4...	$TeBr^4$ et Te séparés	Sublimé noir très faible ($TeBr^2$)
5...	Composition moyenne $TeBr^2$	Sublimé noir abondant ($TeBr^2$)

Le sublimé noir de composition $TeBr^2$ n'est donc pas dû à une sublimation mixte de tétrabromure et de tellure, ce dernier n'étant pas volatil à ces températures (tube 2). D'autre part, le tétrabromure, très faiblement volatil (1), attaque le tellure pour donner le sous-bromure plus volatil (3 et 4). Si le tétrabromure et le tellure sont en contact (3), l'attaque se produit plus rapidement que si la vapeur doit diffuser à travers du coton (4).

Le sous-bromure $TeBr^2$ *existe donc à l'état gazeux.*

Tous ces faits peuvent se comprendre aisément en admettant que le sous-bromure, stable à l'état gazeux, instable à l'état solide, est un corps endothermique à partir du tellure et du tétrabromure. Le sous-bromure est le plus volatil des trois constituants mis en jeu, $TeBr^4$, $TeBr^2$, Te. Dès qu'il s'en est vaporisé, il s'en reforme aussitôt, de sorte que finalement on peut

---

[1] Le maximum se trouve légèrement reporté vers la droite (teneur plus élevée en Br) parce qu'il y a une légère sublimation de $TeBr^4$, même pour le produit de composition $TeBr^2$.

épuiser le tellure ou le tétrabromure en excès dans le produit initial par rapport à la formule $TeBr^2$ (1).

En raison de l'instabilité du sous-bromure à l'état solide, ce corps se décompose en se solidifiant, et c'est pour cela que les propriétés qu'il présente alors sont identiques à celles d'un mélange de tétrabromure et de tellure.

En résumé, on voit, dans cet examen du système brome-tellure, que l'analyse thermique peut être utilement complétée, pour la recherche des composés définis, par l'étude analytique de la vaporisation, quand celle-ci est possible.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'onctuosité des corps gras.* Note de M. Paul Woog, présentée par M. Daniel Berthelot.

Les corps gras possèdent, à des degrés différents, une qualité recherchée, mais mal définie, indépendante de la viscosité, qui se révèle au toucher par une sensation de douceur glissante, et au point de vue mécanique, par une influence sur l'efficacité lubrifiante : c'est la *graissivité* ou l'*onctuosité*. A viscosité égale, cette propriété se trouve au maximum dans les huiles animales; puis viennent les huiles végétales; les moins onctueuses sont les huiles minérales.

Il ne semble pas que les diverses explications de la nature de l'onctuosité, proposées jusqu'ici, cadrent complètement avec les faits.

Les recherches que nous avons entreprises sur ce sujet nous ont amené à considérer l'onctuosité comme un phénomène complexe, résultant de manifestations différentes des molécules des lubrifiants. C'est dans la réunion de ces effets partiels agissant simultanément pour stabiliser la couche lubrifiante, augmenter son adhérence, et diminuer les frottements que réside l'onctuosité. Les facteurs qui nous paraissent intervenir pour déterminer l'onctuosité sont : le coincement, la forme, la rigidité élastique, la résistance au roulement des molécules, la viscosité, puis des manifestations de la tension superficielle et de l'adsorption. La prépondérance du rôle joué par l'un ou l'autre de ces facteurs dépend de la nature du graissage (imparfait ou parfait).

Le coincement, dont nous nous occuperons seul ici, ne doit pas être

(1) Très sensiblement tout au moins, étant donné ce qui a été dit dans le renvoi précédent.

compris comme pouvant amener une immobilisation totale du liquide rendu rigide, mais seulement comme l'origine d'une opposition plus ou moins marquée à certains mouvements imprimés aux molécules : il se produit, selon nous, d'autant plus facilement que le volume moléculaire est plus grand. La Mécanique permet de soutenir cette thèse qui, matérialisée, nous fait constater, par exemple, qu'en transmettant un effort par l'intermédiaire d'un amoncellement de billes, le coincement se produit d'autant plus facilement que les billes sont plus grosses. De même, l'enfoncement d'une tige dans un récipient contenant de menus objets, nécessite une pression augmentant avec leur taille. Nous admettons qu'il se passe avec les molécules considérées à un moment instantané, un phénomène du même ordre, et que l'accroissement du volume des molécules favorise dans une certaine mesure leur arc-boutement.

Pour appuyer ces vues, nous avons déterminé, par la cryoscopie, le volume moléculaire moyen d'un certain nombre de lubrifiants. Pour chaque corps, plusieurs mesures ont été faites à des concentrations différentes, et des courbes ont été tracées avec les points obtenus, de manière à pouvoir connaître le poids moléculaire ramené à l'origine, c'est-à-dire celui d'une solution infiniment diluée. Cette manière de faire est indispensable, car les courbes sont toutes fortement inclinées (angle de 30° à 70° avec l'horizontale). Les courbes des huiles minérales, de l'huile de ricin et de la lanoline sont orientées de telle sorte que les poids moléculaires s'abaissent en même temps que diminue la concentration des solutions. Au contraire, pour les autres produits animaux et végétaux, la direction des courbes est de sens opposé : l'inclinaison des courbes est donc en rapport avec la composition chimique des corps dissous. La tonométrie a été employée pour la paraffine, en raison de la faible solubilité de ce corps, à froid, dans la benzine.

Matières.	Densité à 15° (D).	Poids moléculaire (M).	Volume moléculaire moyen $\left(\frac{M}{DN}\right)$. $N = 61.10^{22}$.	K.
Huiles grasses :			cm³	
Huile de colza	0,9149	912	$1634,14.10^{-24}$	5,77
Huile d'arachide	0,9162	862	1542,36	5,64
Huile de ricin	0,96257	890	1515,75	5,47
Huile de pied de mouton	0,9162	847	1515,52	5,43
Huile de pied de bœuf	0,9149	838	1501,55	5,45
Huile de lard	0,9169	831	1485,76	5,21
Huile d'olive	0,9152	805	1441,94	5,058
Lanoline anhydre	0,95558	793	1360,43	4,4
Huile de spermacéti	0,89058	584	1075,00	2,77

Matières.	Densité à 15° (D).	Poids moléculaire (M).	Volume moléculaire moyen $\left(\frac{M}{DN}\right)$. N = 61.10²².	K.
Pétroles d'Amérique (Pensylvanie, etc.) :				
			cm³	
Extra L.L.	0,9200	949	$1691,01.10^{-24}$	6,959
Locomotive	0,9056	853	1544,12	7,32
N. cylinder	0,9059	799	1445,89	6,91
F.F.F. cylinder	0,8946	748	1370,70	6,76
A. cylinder	0,9016	744	1352,78	6,74
Cold Test	0,8920	642	1179,88	5,95
Continental	0,8934	635	1165,19	5,92
Cosmos	0,8906	628	1155,97	5,90
Eagle Heavy Black	0,9089	520	937,90	5,44
Queens Heavy Red	0,9140	407	729,99	3,94
Bayonne Engine	0,90798	400	722,19	4,05
Solar Red	0,9110	379	682,01	3,83
H.V. Pale	0,9067	369	667,16	3,74
N° 2 Red	0,90328	361	655,17	3,72
Machinery n° 1	0,9019	337	612,55	3,52
885 Pale	0,88519	305	564,85	3,43
B. Spindle	0,8918	296	544,11	3,32
French Neutral	0,8529	270	518,96	3,27
Pétroles d'Amérique (Texas) :				
K.R.80	0,9144	359	643,61	3,24
K.R.60	0,9334	347	609,44	3,24
Pétrole de Russie :				
Kremlin n° 1	0,9120	394	708,22	3,66
Huiles de houille :				
à anthracène	1,0903	179	269,13	1,89
à naphtaline	1,0334	146	231,60	2,15
Paraffine solide	0,918	382	682,16	3,21
Paraffine fondue (à 60°)	0,7794		803,47	
Glycérine	1,2586	92	119,83	

Dans ce Tableau, les huiles sont rangées par familles, dans l'ordre décroissant de leur volume moléculaire moyen. On voit que cette caractéristique est des plus élevées pour les huiles grasses et les place nettement au-dessus des huiles minérales de même viscosité. Pour les produits minéraux, ce classement se rapproche beaucoup de celui de l'onctuosité des

huiles reconnue par la pratique, et donne la raison de cet aphorisme des techniciens : « A viscosité égale, l'huile la plus onctueuse est celle qui a la plus faible densité. » Cela équivaut, en effet, à comparer les volumes moléculaires, car dans une famille homologue, on sait que la viscosité s'accroît parallèlement au poids moléculaire.

Nous nous sommes assurés que la valeur de $\frac{M}{DN}$ n'était pas accrue par des associations moléculaires; en effet, le coefficient de température K de l'énergie superficielle moléculaire, déterminé par la formule d'Eotvös, Ramsay et Shields, n'est jamais, pour les lubrifiants véritables, inférieur à la normale 2,12.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les équilibres du vanadium tri-, tétra- et pentavalent en solution sulfurique concentrée.* Note (¹) de M. **V. Auger**, présentée par M. G. Urbain.

Les données actuelles sur la stabilité des oxydes du vanadium en solution sulfurique concentrée sont absolument contradictoires : MM. Cain et Hostetter (²) considèrent les solutions vanadiques comme pratiquement réduites par chauffage prolongé au point d'ébullition de SO^4H^2, tandis que M. W. Prandtl (³), tout en observant une réduction accompagnée de dégagement de O^2, ajoute que ce phénomène n'a lieu que dans une mesure très faible. Par contre, MM. Koppel et Behrendt (⁴) déclarent que le vanadium pentavalent seul est stable dans SO^4H^2 bouillant, et que tous les sulfates vanadeux, dans ces conditions, dégagent SO^2 et s'oxydent; ils ajoutent expressément que le gaz SO^2 ne réduit les solutions vanadiques en SO^4H^2 concentré, ni à chaud ni à froid.

Aucun de ces auteurs n'a fourni, à l'appui de ses dires, de résultats quantitatifs; cette Note est destinée à mettre la question au point, dans une certaine mesure.

Solution sulfurique d'acide vanadique. — La solution rouge orangé commence déjà à se décomposer avant que le point d'ébullition de SO^4H^2 ne soit atteint; il se dégage O^2 et la couleur passe assez rapidement au jaune.

(¹) Séance du 25 juillet 1921.

(²) Cain et Hostetter, *Journ. ind. engin. chem.*, t. 4, 1912, p. 250.

(³) W. Prandtl, *Gmelin Kraut's Handbuch d. anorg. Chem.*, 2ᵉ série, t. 3, p. 87.

(⁴) Koppel et Behrendt, *Zeit. anorg. Chem.*, t. 35, 1903, p. 154.

Après une ébullition de quelques heures, on atteint un équilibre avec les deux tiers du vanadium réduit à l'état tétravalent, si la solution contient une quantité de vanadium inférieure à 1 : 1000.

Il n'en est plus de même avec des solutions concentrées; dès que la réduction est un peu avancée, elles laissent déposer d'abord du sulfate acide de vanadyle, puis du $VOSO^4$, de sorte que, l'équilibre des constituants de la phase liquide étant rompu, la réduction se continue jusqu'à ce que la solution soit assez appauvrie en vanadium pour n'en plus contenir qu'environ 1 : 1000, dans tous les cas la réduction est incomplète et nous n'avons pu vérifier les résultats de Cain et Hostetter; comme ces chimistes opéraient sur 8^{mg} de vanadium en présence de beaucoup de SO^4H^2, il est probable que des traces de produits organiques ou de SO^2, contenus dans cet acide, ont occasionné la réduction.

L'addition d'un oxydant tel que ClO^4H ne change rien au résultat; vers 180° cet acide est scindé en Cl^2 et O^2, et lorsque sa décomposition est totale, l'équilibre primitif se rétablit.

Le gaz SO^2 réduit lentement la solution vanadico-sulfurique; au bout de 2 heures d'ébullition, on atteint un équilibre correspondant à environ 94 pour 100 de vanadium tétravalent; aussi au bout de 2 jours d'ébullition, le vanadium a presque complètement disparu de la solution, par suite de la précipitation de $VOSO^4$.

Solution sulfurique hypovanadique. — On constate, dès que l'ébullition commence, un dégagement de SO^2 qui ne cesse que lorsque $\frac{1}{3}$ du vanadium est oxydé, de sorte que la solution contient les mêmes proportions de vanadium tétra et pentavalent que la solution vanadique précédente. Cet équilibre reste le même si l'on fait passer un courant de CO^2, et même un courant de O^2; ainsi donc cette oxydation se produit toujours aux dépens du SO^4H^2. L'addition de ClO^4H provoque une oxydation presque totale du vanadium, mais une ébullition prolongée ramène l'équilibre précédent.

Réduction énergique des solutions vanadiques, dans SO^4H^2 *bouillant.* — En présence de soufre, la réduction du vanadium pentavalent donne tout d'abord la solution bleue de sel d'hypovanadyle, puis elle se continue et fournit du sulfate vanadeux anhydre $V^2(SO^4)^3$ qui se dépose totalement en poudre jaune citron, de sorte que la solution se décolore et ne contient plus trace de V. Si l'on emploie une solution sulfurique de VO^3NH^4, le dépôt salin est formé de lamelles cristallines vert jaune également insolubles en SO^4H^2 et en H^2O, et qui à l'analyse répondent à la formule $V(SO^4)^2NH^4$.

Ce sel perd sa base par ébullition prolongée avec SO^4H^2 et se transforme en sulfate vanadeux anhydre. Ces réactions semblent susceptibles d'être utilisées pour la séparation du vanadium des éléments dont les sulfates sont solubles dans l'eau.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Recherche de l'azote dans les composés organiques.* Note de M. **Constantin D. Zenghelis**, présentée par M. Georges Lemoine.

Dans une Note précédente ([1]), j'ai indiqué un réactif très sensible pour l'identification de l'ammoniac; une solution concentrée de nitrate d'argent avec du formol qui, attaquée par des traces d'ammoniac gazeux, forme un miroir. Je me suis servi de ce réactif pour identifier l'azote dans les composés organiques.

Deux procédés sont généralement appliqués à cet effet : 1° celui de Lassaigne par la transformation de l'azote en cyanure et formation du bleu de Prusse; 2° la transformation de l'azote en ammoniaque par le chauffage du corps organique avec la chaux sodée.

Le premier procédé, beaucoup moins commode et rapide, est presque le seul dont on se sert aujourd'hui, parce que beaucoup de corps organiques, notamment ceux chez lesquels l'azote se trouve directement combiné à l'oxygène, ne laissent que très difficilement leur azote se dégager sous forme d'ammoniac. Je suis parvenu à remédier à cet inconvénient.

En ce qui concerne ce rôle de la chaux sodée, dans la transformation de l'azote en ammoniaque, la première explication qu'on a donné de ce procédé introduit par Faraday (1825) est que l'eau de l'hydrate alcalin décomposée par le carbone de la matière organique fournit l'hydrogène naissant qui s'unit à l'azote.

Quantin ([2]) admet que le rôle réel de la chaux sodée est de transformer l'azote, en présence du carbone, en cyanure de sodium; décomposé à son tour par l'eau dégagée par le chauffage de la chaux; ce cyanure forme de l'ammoniac. C'est cet azote que l'on trouve parfois à la fin combiné avec le carbone.

Je crois pourtant que l'essentiel dans la réaction consiste en ce que l'oxygène intramoléculaire de la substance organique se dépense surtout

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 153.
([2]) Quantin, *Bull. de la Soc. chim. de Paris*, t. 50, 1888, p. 198.

à l'oxydation du carbone et pas de l'hydrogène, de façon qu'il reste assez d'hydrogène libre (naissant) pour se combiner directement à l'azote. La chaux sodée réalise très bien cette condition; éliminant le bioxyde de carbone aussitôt formé, elle déplace l'équilibre de l'oxydation du carbone et de l'hydrogène du corps organique par l'oxygène intramoléculaire dans le sens d'une formation continue de bioxyde de carbone.

D'ailleurs, l'eau provenant du chauffage de la chaux sodée contribue à la formation de l'ammoniac par l'attaque des cyanures qui peuvent se former.

Procédé proposé. — Pour augmenter autant que possible la proportion de l'azote transformée en ammoniac, même dans le cas où l'azote se trouve combiné avec l'oxygène, j'ajoute à la chaux sodée du cuivre en poudre préparé électrolytiquement. Le cuivre agit, d'une part, par l'hydrogène provenant de son oxydation par la vapeur d'eau dégagée de la chaux sodée et, d'autre part, par la décomposition des oxydes d'azote.

Des essais faits sur une longue série de composés contenant différents groupes azotés ont confirmé que, par l'addition du cuivre, la presque totalité de l'azote se transforme en ammoniac, même celui qui est combiné immédiatement avec l'oxygène.

Par l'addition du cuivre, j'ai évité encore un autre inconvénient provenant de l'attaque de notre réactif par l'hydrogène arsénié ou l'hydrogène sulfuré, qui pourraient se former dans quelques cas rares, avec des substances contenant de l'arsenic ou du soufre, leurs combinaisons hydrogénées dans ces cas étant totalement retenues par le cuivre, comme une série d'expériences me l'a démontré.

Pour la recherche de l'azote organique, on procède comme il suit :

Dans un creuset de porcelaine, on mélange une petite quantité de la substance organique avec le mélange chaux sodée-cuivre (deux parties de chaux sodée bien desséchée et une partie de cuivre, le tout finement divisé); on ajoute une couche de ce dernier mélange et l'on couvre le creuset par un verre de montre avec la surface convexe en bas, portant au milieu une goutte de notre réactif (formol, nitrate d'argent), tandis que sur la surface supérieure on met une goutte d'eau servant de réfrigérant.

On met alors le creuset sur un bain de sable, ou mieux sur une plaque de quartz déjà fortement chauffée et l'on soutient le chauffage par une très petite flamme. Après une ou deux minutes, des gouttelettes d'eau se condensent autour du réactif. On retire alors la flamme en la gardant un peu de côté. Bientôt une couronne argentée se forme autour du réactif qui se transforme bientôt en miroir, si la substance azotée n'est pas en quantité tout à fait minime.

Voici quelques chiffres représentant la limite de l'apparition nette de la réaction.

Substance essayée.	Limite appréciable de l'azote contenu (en grammes).
Caféine	0,000001
Brucine	0,000002
Sulfate de brucine	0,000003
Diphénylamine	0,000002
Acide thianilique	0,000001
Urée	0,000001
Benzidine	0,000001
Glycocolle	0,000001
Nitrophénol	0,00001
Acétoxime	0,00005
Nitrosonaphtol	0,00005
Acide picrique	0,00005
Paranitrophénol	0,00001
Caséine	0,000001
Blanc d'œuf	0,000001

Également très sensible fut la réaction avec : aniline, naphtylamine, sulfate de phénylhydrazine, diazipipérazine, leucine, nitrate d'éthyle, cyanure de sodium et de calcium, etc.

J'ai déterminé la sensibilité de la réaction en diluant des petites quantités pesées du composé organique dans une quantité convenable d'amidon exempt d'azote; je prenais chaque fois quelques centigrammes.

Quand il s'agit d'une substance distillant ou se décomposant à une température relativement basse, par exemple 100° à 150°, on prend un tube de verre long de 20^{cm} fermé d'un côté. Ce tube contient au côté fermé un peu de sucre, puis une petite couche du mélange chaux sodée-cuivre, puis le même mélange avec la substance azotée et à la fin une couche de quelques centimètres du mélange exempt de substances organiques. Le tube se ferme par un bouchon portant un petit tube de verre courbé à angle droit. Juste au-dessus de l'ouverture de ce tube est placé le verre de montre portant au-dessous la goutte du réactif. On chauffe le tube dans une position horizontale en commençant par le mélange qui ne contient pas de substances organiques. Après la fin du chauffage, on chauffe aussi le sucre dont les produits de décomposition chassent l'ammoniac formé, lequel attaque le réactif.

Ce procédé de recherche de l'azote organique par sa transformation en ammoniac présente des avantages sérieux sur le procédé en usage par la formation de cyanures et du bleu de Prusse.

1° Il est beaucoup plus simple et plus rapide et la réaction incomparablement plus sensible.

2° Il s'applique à toutes les substances organiques azotées.

3° Il n'exige que des quantités minimes de substances, tandis que par l'autre procédé il faut toujours de 10^{mg} à 20^{mg}.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur le dosage de l'eau dans les huiles pour transformateurs.* Note (¹) de MM. **Etienne Rengade** et **Jean Clostre**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

Ayant eu à examiner de nombreux échantillons d'huiles pour transformateurs, nous avons été conduits à chercher un procédé de dosage des traces d'eau qui pouvaient y être contenues : on attache en effet une grande importance à la siccité parfaite de ces huiles, dont l'humidité abaisse rapidement les propriétés isolantes et la rigidité électrostatique. Aussi le Cahier des Charges de l'Union des Syndicats de l'Électricité exige-t-il qu'elles soient « pratiquement exemptes d'eau ». Mais les moyens de contrôle qu'il indique à ce sujet : absence de sifflement lors de l'introduction d'un fer rouge, absence de coloration du sulfate de cuivre anhydre, sont assez primitifs, et ne permettent aucune estimation quantitative. Il est vrai que parmi les nombreuses méthodes de dosage indiquées dans les ouvrages ou périodiques, nous n'en avons trouvé aucune donnant satisfaction dans le cas actuel : le procédé par distillation et mesure du volume d'eau entrainée, le plus souvent recommandé, n'est pas applicable pour de très petites teneurs ; l'emploi du vide avec un tube absorbant à chlorure de calcium n'est pas meilleur; les procédés chimiques, action du sodium ou du carbure de calcium, sont également critiquables à plusieurs points de vue.

Nous avons obtenu des résultats satisfaisants en faisant traverser l'huile modérément chauffée par un courant d'air sec, et condensant ensuite la vapeur d'eau entraînée au moyen d'une réfrigération énergique.

Si l'huile et l'eau n'étaient rigoureusement pas miscibles, chacun des deux liquides garderait sa tension de vapeur propre, et l'on pourrait trouver une température convenable pour laquelle la tension de l'huile serait négligeable vis-à-vis de celle de la vapeur d'eau, qui serait pratiquement seule entraînée et condensée.

Mais l'eau, en petites proportions, est soluble dans l'huile, de sorte que sa tension de vapeur est abaissée, et d'autant plus que sa concentration devient plus faible ; elle arrivera donc à être du même ordre que la tension de vapeur de l'huile, et même plus faible. On réalise donc par le barbotage d'air une distillation isothermique, la composition des vapeurs entraînées variant progressivement. Cependant, en raison de la différence de volatilité

(¹) Séance du 25 juillet 1921.

et de nature chimique des deux liquides, on peut s'attendre à une séparation assez nette.

Après quelques tâtonnements, nous avons adopté le dispositif suivant :

L'huile à essayer (200^{cm^3}) est introduite dans un ballon à col court, fermé par un bouchon à trois trous, laissant passer un thermomètre et les tubes d'entrée et de sortie de l'air. Ce dernier se recourbe à angle aigu et s'adapte, par un petit bouchon de caoutchouc, à un tube condenseur constitué par une première branche inclinée se terminant par une partie en U qui plonge dans un vase de d'Arsonval. L'orifice du condenseur peut ainsi être amené à une très petite distance du bouchon du ballon, et le tout est maintenu à une température uniforme (80°) au moyen d'un bain d'huile entourant le ballon jusqu'au goulot, et se prolongeant par une caisse en carton d'amiante formant bain d'air et munie seulement des ouvertures nécessaires pour le passage des tubes et du thermomètre. On évite ainsi toute condensation de vapeurs avant le condenseur. Celui-ci est refroidi au moyen d'air liquide ou de neige carbonique. L'air, séché par SO^4H^2 et P^2O^5, est envoyé sous un débit constant de 20 litres à l'heure. Tous les quarts d'heure on remplace le réfrigérant par un autre semblable, et l'on détermine l'augmentation de poids de ces tubes.

Après pesée, on examine le liquide condensé : la présence d'eau se reconnaît, soit à sa prise en glace à 0°, par refroidissement du tube, soit en introduisant dans celui-ci du sulfate de cuivre anhydre, ou mieux de l'iodure double de plomb et de potassium, qui se colore immédiatement en jaune vif; l'huile se caractérise par son absence de congélation nette, et par son inflammation facile à l'extrémité d'une boucle en fil de platine.

Nous donnons ici le résultat de quelques essais sur différentes qualités d'huile :

Augmentation de poids (en milligrammes).

	1.	2.	3.	4.	5.
1er tube	20	15	23	122	105
2e »	2,5	4	2,5	90	8
3e »	2,5	3,5	3,5	75	4
4e »	2,5	4	–	70	2,5

Eau (pour 100).

	1.	2.	3.	4.	5.
Minimum	0,010	0,007	0,011	–	–
Valeur probable	0,011	0,009	0,013	–	–

Avec les échantillons 1, 2, 3, de qualités normales, le premier tube condensateur contient exclusivement de l'eau; le deuxième un mélange des deux liquides, mais sous un poids beaucoup plus faible; dans le troisième on relève encore des traces d'eau, tandis que dans le quatrième on ne peut plus en général caractériser que de l'huile. On a donc une teneur minimum

en eau en ne considérant que le premier tube, et une valeur plus probable en additionnant les deux premiers résultats, les traces d'eau de la suite étant compensées par l'huile du deuxième tube. On voit que ces quantités sont très faibles.

L'échantillon 4 nous a donné dès le début une quantité importante d'huile très volatile, qui continue à distiller dans les autres tubes. La méthode est en défaut, mais l'échantillon est complètement à rejeter pour l'usage par suite de sa volatilité et de son point d'inflammation.

Enfin avec l'échantillon 5, le liquide recueilli en abondance relative dans le premier tube n'était ni de l'eau, ni de l'huile : c'était de l'alcool, qui a été caractérisé par son inflammation facile, par son oxydation chromique et par la formation d'iodoforme. Si dans ce cas la méthode ne nous a pas permis de doser l'eau, elle nous a conduit à l'isolement et à la caractérisation d'une impureté inattendue, évidemment introduite accidentellement au cours des transvasements.

La même méthode pourrait s'adapter, pensons-nous, au dosage de l'eau dans les huiles de graissage ou dans des liquides analogues très peu volatils. Elle est d'autre part tout indiquée dans la fabrication comme procédé de dessiccation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des ϑ-dicétones acycliques.* Note de M. E.-E. **Blaise**, présentée par M. Haller.

On sait que les recherches effectuées jusqu'ici, en vue d'obtenir les ϑ-dicétones acycliques, sont restées sans résultat. Comme suite à mes travaux antérieurs sur les dicétones, je me suis proposé d'entreprendre de nouveaux essais dans ce sens.

J'ai d'abord essayé de condenser le bromure de magnésium-éthyle avec le nitrile glutarique. La réaction s'effectue avec dégagement gazeux et ne donne qu'une très petite quantité de produit restant en solution dans l'éther, après addition d'eau et d'acide sulfurique étendu. Ce produit renferme deux corps. L'un, bouillant à 124°-125° sous 19^{mm}, et cristallisant en lamelles micacées fusibles à 58°, est la dicétone cherchée. L'autre cristallise dans l'eau en fines aiguilles, donne une semicarbozone et renferme de l'azote. Ces deux corps ne se forment qu'en quantité infime et les eaux mères d'où ils proviennent renferment la presque totalité du produit de la réaction. Ces eaux, additionnées d'ammoniaque et épuisées par l'alcool isobutylique, cèdent à ce solvant une masse résineuse rouge indistillable,

même dans le vide, mais qui, hydratée par l'acide chlorhydrique concentré, au bain-marie, fournit des produits basiques d'où l'on peut, notamment, séparer une base forte, cristallisant en aiguilles, fusibles vers 57°, et bouillant à 120°-125° sous 13mm-14mm.

Cette curieuse réaction mérite d'être complètement élucidée et j'ai appris, tout récemment, que M. Bruylants en avait commencé l'étude [1]. Toutefois, les résultats qu'il a obtenus paraissent tout à fait différents de ceux que j'indique ci-dessus.

L'action des dérivés organomagnésiens sur le nitrile glutarique ne donnant que des traces de δ-dicétones, j'ai condensé ces mêmes dérivés avec la bis-diéthylamide glutarique. Dans ce cas encore, la réaction est anormale, en ce sens qu'elle s'effectue avec dégagement gazeux assez abondant. Toutefois, on peut aisément isoler la dicétone cherchée, et le rendement atteint 25 à 30 pour 100 :

$$CH^2[CH^2-CO-N(C^2H^5)^2]^2+2R-Mg-X \rightarrow CH^2[CH^2-CO-R]^2 + 2NH(C^2H^5)^2.$$

Cette réaction constitue donc la première méthode de préparation des δ-dicétones acycliques.

Le dipropionylpropane cristallise dans l'éther de pétrole en lamelles micacées fusibles à 58° et bout à 124°-125° sous 19mm. Le dibutyrylpropane $CH^2[CH^2-CO-C^3H^7]^2$ présente le même aspect, fond à 55° et bout à 150°-154° sous 25mm. Ces corps se combinent très aisément à la semicarbazide et donnent des disemicarbazones. Celle qui dérive du dipropionylpropane fond à 195°-196° (fusion instantanée au bloc) et celle qui correspond au dibutyrylpropane fond à 173°, dans les mêmes conditions.

Les δ-dicétones acycliques sont donc stables à l'état libre et si l'on a, jusqu'ici, échoué dans les essais de préparation qui ont été tentés, c'est que leur transformation bien connue en cyclohexènones se produit avec une extrême facilité. L'acide chlorhydrique étendu de son volume d'eau transforme, en un quart d'heure, au bain-marie, le dipropionylpropane en méthyléthylcyclohexènone :

```
        CH²                          CH²
CH²/        \CO — C²H⁵       CH²/        \C — C²H⁵
  |                     →      |          ‖
CH²\        /CH² — CH³       CH²\        /C — CH³
        CO                           CO
```

(1) *Bull. Acad. royale de Belgique*, 1921, p. 252-259.

La potasse aqueuse à 5 pour 100 détermine la même transformation, dans les mêmes conditions et, dans ce cas, si l'on prolonge le contact, il n'est même pas nécessaire de chauffer. L'ammoniaque aqueuse, à 100°, en tube scellé, provoque également une cyclisation totale. Enfin, avec l'acide oxalique, en solution aqueuse à 15 pour 100, à l'ébullition, la cyclisation se produit encore, bien que plus lentement.

La méthyléthylcyclohexénone constitue un liquide incolore, à odeur assez forte, bouillant à 105° sous 19^{mm}. Elle donne une semicarbazone peu soluble dans l'alcool, même bouillant, et qui cristallise en aiguilles fondant à 250° (fusion instantanée).

Je me propose de développer l'étude générale des δ-dicétones et, plus particulièrement, de faire porter mes recherches sur la transformation de ces dicétones en bases pyridiques.

Je signalerai enfin que l'action des dérivés organomagnésiens sur les diamides glutariques tétra-alcoylées donne, outre les δ-dicétones, des produits de nature faiblement basique dont je me propose de rechercher la constitution. C'est vraisemblablement à la formation de ces bases faibles, de nature cyclique, qu'est dû le dégagement gazeux qui se produit au cours de la condensation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les propriétés additionnelles de la double liaison céto-énolique.* Note de MM. **H. Gault**, et **R. Weick**, présentée par M. Haller.

Nous avons démontré dans deux Notes antérieures [1] l'existence de trois formes isomériques de l'éther phénylpyruvique dont nous avons établi la constitution par l'étude de leurs propriétés chimiques.

Nous exposons dans cette Note les résultats des recherches complémentaires auxquelles nous avons soumis celui des trois isomères qui se trouve être le plus accessible, c'est-à-dire la forme liquide β ($E_{15} = 149°$).

La fixation du brome sur cet éther s'effectue, comme nous l'avons indiqué, avec une facilité remarquable, et l'obtention d'un dérivé dibromé d'addition permet de vérifier l'existence dans la molécule d'une double liaison céto-énolique.

Nous avons cherché à réaliser d'autres réactions d'addition sur cette

(1) *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 1393, et t. **171**, 1920, p. 395.

double liaison et spécialement l'addition des hydracides, de l'ammoniac et des amines.

La fixation des hydracides aurait pu nous conduire soit à des monohalohydrines, soit, par éthérification énolique simultanée, à des dihalohydrines de glycols, mais, dans quelques conditions que nous nous soyons placés, nous n'avons pu constater l'addition ni d'acide chlorhydrique, ni d'acide bromhydrique.

Par contre, nous avons reconnu que ces acides se comportent comme de simples agents d'isomérisation et qu'ils déterminent dans tous les cas la transformation de l'éther liquide β en éther solide α.

L'acide iodhydrique donne lieu à une réaction d'hydrogénation intégrale sur laquelle nous aurons l'occasion de revenir.

L'ammoniac donne lieu à des réactions assez complexes et différant suivant les conditions de l'expérience.

Lorsque l'on dirige dans l'éther β liquide non dilué un courant d'ammoniac à température ordinaire, le liquide se prend rapidement en masse. Le produit solide obtenu est peu soluble dans l'éther; il fond après recristallisation dans l'alcool à 229°, et, d'après l'étude que nous en avons faite, répond à la constitution de l'amide phénylbenzylbutyrolactone carbonique résultant de la cyclisation préalable de 2^{mol} d'éther phénylpyruvique :

```
                       O
                     //
                    C
                    | \NH2
  C6H5 — CH2 — C — O\
                    |      C = O
                    |     /
        C6H5 — C — C = O
                    |
                    H
                  (III).
```

Si, par contre, on fait passer le courant d'ammoniac gazeux non plus dans l'éther non dilué, mais bien dans sa solution éthérée maintenue à — 15°, les résultats obtenus sont nettement différents.

Il se forme tout d'abord et assez rapidement un précipité blanc volumineux, extrêmement instable et qui ne peut être isolé qu'à la température de — 15° (I). Si l'on continue à faire passer dans les mêmes conditions le courant d'ammoniac dans la solution éthérée provenant de l'essorage, le même précipité se reforme à nouveau. En répétant cette opération une troisième fois, on constate par contre qu'il se dépose un nouveau produit, totalement différent du précédent (II). Après essorage et élimination de l'ammoniac en excès, la solution filtrée abandonne un troisième produit cristallisé (III) et enfin une huile qui se prend rapidement en masse (IV).

Le produit I n'est stable qu'à la température du mélange réfrigérant.

Sous l'influence de la moindre élévation de température, il perd de l'ammoniac en se liquéfiant.

En raison de l'instabilité même de ce composé, il ne nous a pas été possible de le soumettre à l'analyse. Nous reviendrons sur sa constitution.

Les produits II, III et IV sont des produits de cyclisation bimoléculaires.

Le composé (IV) est l'éther phénylbenzylbutyrolactone carbonique (F. 140°); le composé (II) est le sel d'ammonium correspondant à la forme énolique de cet éther; le composé (III) est l'amide phénylbenzylbutyrolactone carbonique déjà caractérisée dans la réaction précédente :

$$\begin{array}{c} \begin{array}{rcl} & COOC^2H^5 & \\ & | & \\ C^6H^5 - CH^2 - & C - O & \searrow \\ & | & \quad C = O \\ C^6H^5 - & C = C & \nearrow \\ & \quad | & \\ & \quad OH & \end{array} \\ (IV). \end{array} \qquad \begin{array}{c} \begin{array}{rcl} & COOC^2H^5 & \\ & | & \\ C^6H^5 - CH^2 - & C - O & \searrow \\ & | & \quad C = O \\ C^6H^5 - & C = C & \nearrow \\ & \quad | & \\ & \quad ONH^4 & \end{array} \\ (II). \end{array}$$

Il est assez curieux de constater que l'éther lactonique jouit de propriétés acides et fournit un sel d'ammonium, alors que jusqu'à présent nous n'avons pu déterminer une réaction semblable avec l'amide. La nature du groupement extracyclique exerce donc une influence très nette sur la constitution et la réactivité chimique de la chaîne cyclique.

La diéthylamine donne lieu à une cyclisation analogue à celle que nous venons de signaler dans le cas de l'ammoniac. En opérant à température ordinaire en milieu éthéré, on obtient immédiatement le sel de diéthylamine de l'éther phénylbenzylbutyrolactone carbonique qui fond à 130°-135° en perdant de la diéthylamine et que l'acide chlorhydrique étendu transforme intégralement en éther lactonique correspondant :

$$\begin{array}{rcl} & COOC^2H^5 & \\ & | & \\ C^6H^5 - CH^2 - & C - O & \searrow \\ & | & \quad C = O \\ C^6H^5 - & C = C & \nearrow \\ & \quad | & \\ & \quad O - NH^2(C^2H^5)^2 & \end{array}$$

En modifiant les conditions de l'expérience et en particulier en opérant à — 15°, nous espérions obtenir les produits de fixation directe de la diéthylamine sur l'éther phénylpyruvique. Dans tous les cas, nous avons, au contraire, observé la lactonisation immédiate de l'éther.

Il résulte de ces essais que, sous l'action des hydracides et des bases ammoniacales, l'éther phénylpyruvique s'isomérise, s'hydrogène ou enfin

se lactonise : dans aucun de ces cas il n'a été possible d'observer avec certitude la formation d'un composé résultant d'une fixation directe sur la double liaison céto-énolique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses de l'acide cyanique et de l'urée par oxydation des substances organiques : amides, nitriles et méthylcarbylamine* ([1]). Note de MM. **R. Fosse** et **G. Laude**, présentée par M. A. Haller.

1° *Monoamides.* — Tandis que les acides monobasiques ne donnent, sous l'influence de l'oxydation permanganique, en milieu ammoniacal, que peu ou point d'acide cyanique et d'urée, les amides correspondantes produisent ces deux corps en quantité appréciable ou importante.

Après chauffage, avec NH^4Cl, des produits de l'oxydation, le rendement en urée, nul pour l'acide formique et NH^3, s'élève à 26 pour 100 dans le cas de la formiamide et de NH^3.

Dans les mêmes conditions, l'acétate d'ammonium ne forme l'urée qu'à l'état de traces, alors que l'acétamide en fournit 1 pour 100.

2° *Diamides.* — On sait que l'oxamide engendre la carbamide par l'action de l'oxyde mercurique à sec (Williamson, 1847) ([2]) ou du permanganate de potasse, de l'eau, de NH^3 et du sulfate d'ammonium (Hofmeister) ([3]).

Il en résulte que l'oxydation arrache à cette diamide un groupe CO, qui passe à l'état de CO^2, tandis que les radicaux résultant se soudent, comme dans la synthèse des amines de Hoffmann, aux dépens des amides :

$$\begin{array}{l} CO - NH^2 \\ | \\ CO - NH^2 \end{array} + O \rightarrow CO^2 + CO\begin{array}{l} NH^2 \\ NH^2 \end{array}$$

$$R - CO - NH^2 + O \rightarrow CO^2 + R - NH^2.$$

D'après Hofmeister, les restes moléculaires $-NH^2$ et $-CO-NH^2$ se formeraient aussi dans l'oxydation ammoniacale des substances organiques et représenteraient les termes transitoires, insaisissables, qui, en s'unissant, produisent l'urée.

([1]) R. Fosse, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 320, 908, 1164; t. 169, p. 91; t. 171, 1920, p. 635, 722; t. 172, 1921, p. 161; *Annales Institut Pasteur*, 1920, p. 715-762; *Bull. Soc. chim.*, 1921, p. 158-203. — R. Fosse et G. Laude, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 684 et 1240.

([2]) Gerhardt, *Traité de Chimie organique*, t. 1, p. 404.

([3]) Hofmeister, *Archiv. F. exp. P. U. Ph.*, t. 37, 1898, p. 426.

La synthèse de ce corps aux dépens de l'oxamide devrait donc être schématisée :

$$\begin{matrix} CO - NH^2 \\ | \\ CO - NH^2 \end{matrix} + 2NH^3 + 2O = 2 - CO - NH^2 + 2 - NH^2 + 2H^2O = 2CO(NH^2)^2 + 2H^2O.$$

Ici encore, il est possible d'isoler le corps intermédiaire qui précède l'urée.

De même que c'est un dérivé *isocyanique* (éther), qui, dans la réaction de Hoffmann, engendre les amines, de même, c'est à l'acide *isocyanique* qu'il faut attribuer la formation de l'urée dans l'oxydation permanganique de l'oxamide, par voie humide.

Expérience I. — Après 15 heures environ d'abandon à la température ordinaire, d'un mélange d'oxamide, d'ammoniaque, d'eau et de MnO^4K pulvérisé, pris dans les proportions du Tableau, on détruit l'excès de permanganate au bain-marie. Le filtrat, sans urée avant chauffage avec NH^4Cl, en contient après ce traitement $4^g,28$ pour 100^g d'oxamide.

La présence de cuivre dans le milieu oxydant *augmente le rendement en acide cyanique et urée*, ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le signaler en d'autres circonstances.

Expérience II. — En opérant comme dans l'expérience précédente, mais en présence de poudre de cuivre, on trouve que les liqueurs d'oxydation, exemptes d'urée avant chauffage avec NH^4Cl, en renferment, après tautomérisation du cyanate d'ammonium, $7^g,57$, $9^g,42$ ou $12^g,67$ pour 100^g d'oxamide.

Isolement et caractérisation de l'acide cyanique. — La liqueur d'oxydation, additionnée de NO^3Ag, reçoit, goutte à goutte, NO^3H dilué jusqu'à ce que, le précipité formé ne paraissant plus augmenter, la réaction devienne à peine alcaline au tournesol. On l'épuise par de l'eau bouillante.

Les cristaux, formés par refroidissement sur la paroi du cristallisoir, débarrassés du liquide, séchés dans le vase, donnent les réactions colorées caractéristiques : 1° du cobaltocyanate de potasse avec l'acétate de cobalt et KCl; 2° de l'oxyurée par l'action du chlorhydrate d'hydroxylamine et de $FeCl^3$.

La *malonamide* présente une aptitude remarquable à engendrer l'acide cyanique et l'urée. La liqueur d'oxydation donne, après chauffage avec NH^4Cl, $51^g,6$ pour 100 d'urée et $67^g,1$ pour 100, si l'oxydation a lieu en présence de Cu.

La *succinamide*, au contraire, même en présence de cuivre, ne conduit qu'à de faibles rendements : $1^g,85$ pour 100 d'urée, après chauffage avec NH^4Cl.

Substances.	Proportions des réactifs.				Volume		Xanthylurée pour ce volume		Urée par 100g ou cm³		Réactions colorées avec précipité argentique recristallisé	
	Matière.	H^2O.	NH^3 concentré.	MnO^4K.	total.	dosé.	avant chauffage.	après chauffage avec NH^4Cl.	avant chauffage.	après chauffage avec NH^4Cl.	du cobalto-cyanate.	de l'oxyurée.
Monoamides.												
			cm³	g	cm³	cm³		g		g		
Formiamide et $SO^4(NH^4)^2$.	$0^{cm^3},1$	0	10	2	24	5	0	0,038	0	26		
Formiamide............	$0^{cm^3},2$	0	10	1,6	25	2	trace	0,021	trace	18,75	+	+
Acétamide.............	$0^g,2$	0	10	2	25	5	0	0,0032	0	1,14		
Acétamide et Cu........	$0^g,2$	0	10	2	25	2	0	0,0026	0	2,32		
Diamides.												
Oxamide...............	$0^g,1$	0	10	2	25	5	0	0,006	0	4,28		
Oxamide et Cu..........	$0^g,1$	0	10	2	25	2	0	0,0071	0	12,67	+	+
»	$0^g,5$	0	15	4	50	2	0	0,0106	0	7,57		
»	$0^g,5$	0	15	4	50	2	trace	0,0132	trace	9,42		
Malonamide............	$0^g,1$	0	10	1,3	50	2	trace	0,0145	trace	51,78		
Malonamide et Cu......	$0^g,02$	0	8	1	20	2	0	0,0094	0	67,14	+	+
Succinamide...........	$0^g,2$	0	15	1	20	5	0	0,0022	0	0,62		
Succinamide et Cu......	$0^g,2$	0	15	1	20	5	trace	0,0065	trace	1,85		
Nitriles.												
Acétonitrile...........	$0^{cm^3},5$	0	10	2	50	2	0	0,0086	0	6,14		
Propionitrile et Cu......	$0^{cm^3},5$	0	10	2	25	2	0,0005	0,0063	0,17	2,25	+	+
Benzonitrile et Cu......	$0^{cm^3},1$	0	10	0,5	15	5	trace	0,0018	trace	0,77		
Benzylnitrile..........	$0^{cm^3},1$	0	10	1,7	50	2	trace	0,0117	trace	41,78	+	+
Carbylamine.												
Méthylcarbylamine......	$0^g,1$	0	10	5	75	2	trace	0,009	trace	48,21	+	+

3° Comme les amides, les *nitriles*, homologues de l'acide cyanhydrique, produisent plus facilement la carbimide et la carbamide que les acides.

4° La *méthylcarbylamine* forme ces deux corps en quantités considérables : le rendement en urée, voisin de zéro dans la liqueur d'oxydation non chauffée, s'élève à $48^g,2$ pour 100 après chauffage avec NH^4Cl.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la synthèse de l'amylopectine par éthérification phosphorique des érythroamyloses*. Note de M. **Samec** et Mlle **Anka Mayer**, présentée par M. L. Maquenne.

La théorie, récemment établie par l'un de nous [1], que l'amylopectine est l'éther phosphorique d'un hydrate de carbone, avait besoin d'une vérification synthétique.

Dès que nous avons réussi à séparer complètement l'amylopectine des amyloses [2] et à isoler les hydrates de carbone (*érythroamyloses*) qui apparaissent par hydrolyse des amyloses, nous nous sommes efforcés d'introduire de l'acide phosphorique par voie d'éthérification dans la molécule de ces hydrates de carbone; le point le plus délicat était d'éviter, pendant l'éthérification, toute désagrégation moléculaire des érythroamyloses employées.

La synthèse désirée a été réalisée par la méthode de C. Neuberg [3]. On obtient une matière blanche, floconneuse, insoluble encore dans l'eau à 100°, mais qui se dissout en quelques minutes dans l'eau à 120°. La suspension aqueuse des érythroamyloses phosphatées se colore en brun violacé par l'iode. En raison de nos expériences sur l'amidon, nous sommes portés à croire que la nouvelle matière est un amylophosphate de calcium, ce métal saturant quelques hydroxyles alcooliques. Le sel perd ses cations à l'électrodialyse; la suspension y devient translucide et dépose sur la membrane anodique une gelée extrêmement visqueuse, qui descend au fond de la cuvette en glissant le long de la membrane.

La conductibilité électrique du sol à 0,16 pour 100 est égale à $0,63.10^{-5}$; celle de la gelée, pour une concentration de 0,98 pour 100, à $11,68.10^{-5}$. Par l'iode, la gelée se colore en brun violacé.

Une vue d'ensemble des propriétés de l'amylopectine, des érythroamy-

---

(1) *Kolloïdchem. Beihefte*, t. 5, 1913, p. 141.

(2) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1079.

(3) *Bioch. Zeitsch.*, t. 100, 1919, p. 3.

loses et de leurs éthers phosphoriques artificiels est donnée dans le Tableau suivant :

	Amylopectine.	Érythroamyloses.	Érythroamyloses phosphatées.
Conduct. électrique à 2 pour 100..	$8,2.10^{-5}$	$0,82.10^{-5}$	$23,3.10^{-5}$
Viscosité à 1 pour 100............	14,96	1,24	17,70
Grandeur moléculaire............	140 000	150 000	75 000
P^2O^5 pour 100..................	0,175	0	2,19

Les propriétés de l'amylophosphate de calcium et de l'acide amylophosphorique que nous avons reconnues nous semblent démontrer que la nouvelle substance est une amylopectine.

Par la variation des matières de départ, de la quantité introduite de $POCl^3$ et des conditions de l'expérience, on peut obtenir d'autres dérivés contenant aussi de l'acide phosphorique; les propriétés dépendent du pourcentage en P^2O^5, de la grandeur moléculaire moyenne et de la nature des cations.

Ainsi paraît-il que le problème de changer les qualités des amidons est résolu, au moins en partie.

GÉOLOGIE. — *Le Moyen Atlas marocain.* Note (¹) de M. **J. Savornin**, transmise par M. Ch. Depéret.

Les cartes hypsométriques du Maroc font apparaître, entre la large dépression de Rabat-Taza et les vallées diamétralement opposées de l'Abid et de la Mlouya, un système de reliefs que l'on a coutume de désigner du nom de *Moyen Atlas*. Ces reliefs sont faibles, mais tourmentés, dans la partie ouest (pays Zaïan); ils deviennent maxima dans l'Est (Beni Ouaraïn). En réalité, dans la majeure partie de son étendue (Beni M'tir, Mrabtine, Beni M'guild, Aït Youssi), ce système apparemment montagneux est un pays tabulaire ressemblant aux Causses français.

On y trouve des calcaires jurassiques (Lias à Bathonien), débutant, en affleurements, par une falaise qui ferme l'horizon méridional de Meknès et de Fès. Des échancrures s'y manifestent, dont la plus importante est à Sefrou. En revanche, le pays calcaire, sous les transgressions néogènes, pousse des promontoires au Nord : gorges de l'oued Beth en aval de Bataille, gorges du

(¹) Séance du 25 juillet 1921.

Sebou et piton de Dar Kaïd Omar. Ce sont autant de jalons vers les affleurements de même âge, plissés, du nord de Meknès et de Fès.

Le Moyen Atlas est un immense plan incliné s'élevant doucement, du Nord au Sud, de 1000m à 2500m (largeur : 80km); de l'Ouest à l'Est, de 1200m à 3500m (longueur : environ 300km). Le plateau se ride faiblement à sa lisière nord, en plis avortés faillés, par exemple près El Hadjeb. Les plissements s'affirment dans sa moitié méridionale, à partir de Timhadit. Mais le régime tectonique consiste toujours en de simples ondulations de la table jurassique. L'unité structurale est d'ailleurs affirmée par l'uniforme répartition des volcans néogènes : depuis l'*Outigui* près El Hadjeb (coulées basaltiques s'approchant à 20km de Meknès et 15km de Fès), jusqu'à l'*Am Laraïs*, près Tamayoust (dont les coulées ont envahi la Haute-Mlouya), en passant par les innombrables cratères d'Azerou et Timhadit, dont les magmas fluides ont digéré une partie du plateau et se sont répandus dans toutes ses dépressions.

Les rides sont à peine discernables à l'Ouest, où le Jurassique forme des corniches subhorizontales, fréquemment avec Permien laguno-continental (1) presque concordant à la base, sur le Paléozoïque très plissé. C'est le cas au sud d'Agouraï, à Ito, à la corniche du Bou Draa dominant Azerou, aux corniches dominant les postes de Aïn Leuh, El Hammam, Mrirt, Taka-Ichiane, Oued Amassine, et au plateau de Medjiouchène. Des témoins isolés en sont détachés par érosion : les *Garas* de Mrirt et de Taka Ichiane, la *Table des Zaïan* (dj. Bon Haïati) et l'*Akellal*. C'est probablement aussi le cas des plateaux de *Tsell* et de *Ment*, récemment reconnus par le capitaine Guillaume du bureau de renseignements d'Oued Amassine et qui seraient les témoins les plus occidentaux du Jurassique tabulaire sur le massif Zaïan.

Puis, les rides naissent insensiblement, pour s'accentuer à l'Est : dôme du Kandar près Sefrou, ondulations à l'est d'Ifrane, anticlinaux à peine dissymétriques, mais généralement faillés, du sud de Timhadit. Elles ne laissent que très faiblement apparaître le substratum direct permien : au Tizit n'Lâfit (piste de Bekrit) et à Lalla Mimouna (E. d'Arbalou Larbi).

Déjà le Kandar, toutefois, laisse voir le Paléozoïque plus profond par surélévation d'axe. Plus à l'Est, enfin, ce dernier régime est la règle ; massif des Riata dominant Taza et Moussa-Bou Iblane un peu plus au Sud.

Et c'est tout. C'est d'ailleurs là le régime de la gada de Debdou et du plateau de Tlemcen-Saïda, qui sont les pays tabulaires-types de la Berbérie.

---

(1) Le Permien est à l'état de conglomérats fluviatiles par places, de grès fins et argiles rouges gypso-salifères ailleurs. Il est souvent remplacé par des tufs basaltiques interstratifiés dans sa masse, ou par les diabases et mélaphyres dont L. Gentil a donné une excellente description pour les environs d'Ito (voir *Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, t. 16, p. 206-207). Le gypse est exploité à Oued Amassine (petits amas localisés); le sel gemme chez les Mrabtine : à Afoud el B'ir, Baourine, Ouiouane (à 4km, dans trois directions, des sources vauclusiennes fournissant la majeure partie du débit du haut Oum er Rebia).

On peut donc affirmer que *le Moyen Atlas n'est point une chaîne tectonique individualisée.*

Il n'en constitue pas moins un relief imposant, surtout vu de la Moyenne Mlouya, qu'il domine de 3000^{m}.

Il a aussi une histoire orogénique intéressante, dont les épisodes principaux sont marqués par des témoins de Crétacé et d'Éocène au cœur du plateau jurassique.

Le Crétacé (*Cénomanien* et *Sénonien* incomplets) est localisé dans le léger synclinal compris entre les rides du Tisdadine-Hayane et du Bou Lagraïb-Saa. Il déborde au Nord, dans les corniches d'El Koubbat et jusqu'à l'ancien Camp Leduc, où il est en contact de falaise avec le Jurassique inférieur faillé du Hayane. L'*Eocène moyen* (calcaires à gastropodes, avec silex calcédonieux typiques), dans la plaine de Bou Anguer, remplit la cuvette plate crétacée, prolongeant le synclinal du Tadla, et déborde son flanc nord, pour arriver presque directement sur le Jurassique inférieur de Foum Kreneg. Je n'ai pu m'assurer s'il est conservé aux gradins supérieurs d'El Koubbat; mais je l'ai vu à Timhadit formant le socle du volcan de ce poste. Il y est extrêmement riche en fossiles rappelant les faunes du Bassin de Paris (*Turritelles*, *Fusidés*, *Naticidés*, et autres gastropodes; *Cardium*, *Lucina* et autres pelecypodes; *Echinanthus* et autres échinides; pinces de *Calianassa*, etc.) Il forme aussi toute la fausse berge calcaire du Guigou (piste d'Almis). Il s'applique contre le Tisdadine faillé, exactement comme le Crétacé d'El Koubbat contre la faille du Hayane. En outre, un conglomérat littoral, localisé dans une crique des calcaires jurassiques, passe latéralement aux calcaires fossilifères lutétiens dans la petite vallée de El Mridjat (4^{km} E. de Timhadit). L'état de fraîcheur de cet appareil littoral démontre, à l'évidence, que depuis l'Éocène moyen, sauf quelques jeux de failles, le Moyen Atlas n'a plus été sensiblement plissé.

C'est donc une chaîne pyrénéenne avortée. Seuls, les *phénomènes épeirogéniques* lui ont donné son relief. Il ne se distingue pas tectoniquement des plateaux crétacés de Boujad et Settat, ni du plateau Eocène des Oulad Delim.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la notion de période dans l'étude des noyaux de variations de pression.* Note (¹) de M. **Ph. Wehrlé**, présentée par M. R. Bourgeois.

I. Existence de la périodicité. — Si l'on ne considère que les gros noyaux de variations de pression, c'est-à-dire si l'on s'en tient à l'examen des cartes

(¹) Séance du 25 juillet 1921.

d'égales variations en 24 heures, il semble que l'on ait affaire à des phénomènes exceptionnels; on peut tout au plus dire qu'un fort noyau de baisse est presque toujours immédiatement suivi d'un noyau de hausse du même ordre de grandeur. Hors ces passages accidentels, la périodicité de succession des baisses et des hausses apparaît mal sur les cartes de variations en 24 heures. Mais, si l'on suit les variations sur des cartes à plus faible intervalle (12 ou 6 heures) et si l'on tient compte des noyaux atténués et des zones de « faiblesse », la notion de périodicité s'impose. Un déroulement continu apparaît, une houle « périodique » de noyaux alternativement positifs et négatifs, dont l'amplitude seule varie beaucoup.

Nous appelons *période* le double de l'espace de temps qui sépare le passage dans une même région de deux noyaux consécutifs de signes contraires; il est bien évident que cette notion n'a de sens que suffisamment près de l'axe de marche du noyau et non en bordure du courant de variations.

MM. Delcambre et Schereschewsky ont déjà signalé [1] que les noyaux de variations se déplaçaient comme s'ils étaient portés par les courants en altitude; or, ces courants ont une persistance notable. Ils constituent ce que nous appelons un *régime*, dont la durée est parfois de plusieurs semaines, au moins de plusieurs jours. Les noyaux qui circulent dans ce courant bien établi ont des caractères communs, de sorte que le régime peut aussi être caractérisé par la série correspondante de ses noyaux. En particulier, *la période des noyaux change peu au cours d'un même régime; en tout cas elle ne change que progressivement* [2].

II. Application de la notion de période :

A. *Étude des variations sur le continent.* — Si l'intervalle dans lequel on calcule la variation est voisin de la période de l'onde de variations, en un point et dans cet intervalle, la variation résultante est presque nulle. La carte porte alors ce que nous appelons un « faux noyau », dont la profondeur est plus ou moins faible et donne une idée fausse de l'amplitude *réelle* de l'onde. Inversement, si l'intervalle est trop petit par rapport à la période, la variation perturbatrice, trop faible dans cet intervalle, peut être masquée par la variation diurne ou les causes accidentelles. En résumé, *quand l'intervalle est trop grand, de l'ordre de la période, les variations s'effacent; quand il*

---

(1) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1673.

(2) Exemples : 1° cas du 8 au 13 janvier 1921; régime d'Ouest; demi-période voisine de 24 heures; 2° cas du 21 au 31 décembre 1920; régime d'Ouest ; demi-période voisine de 18 heures.

est trop petit, elles ne se « centrent » pas. L'intervalle qui dessine le mieux le noyau, parce qu'il conserve intégralement l'amplitude de l'onde, serait égal à la demi-période. *Il y a un intervalle optimum, le plus voisin de la demi-période.*

Cette liaison entre la période de l'onde et un intervalle privilégié pour le calcul des variations apparaît clairement sur les cartes : 1° dans la majorité des cas, les cartes de variations en N heures s' « inversent » en N heures. L'explication est immédiate : une carte de variations dans l'intervalle N ne peut mettre en valeur qu'une onde de demi-période voisine de N ; 2° sur les cartes à faible intervalle, les zones de hausse ou de baisse forment des noyaux de diamètre relativement petit; sur les cartes en 48 heures les hausses et baisses constituent généralement des « domaines » très étendus. Même explication que ci-dessus en observant que la demi-longueur d'onde (diamètre des noyaux) est grossièrement proportionnelle à la période, parce que la vitesse des noyaux reste toujours du même ordre de grandeur (30-70 km : heure).

Les valeurs extrêmes de la période sont assez éloignées. Dans le cas des chapelets de petits noyaux circulant autour de centres d'action négatifs, la demi-période peut être très courte, de l'ordre de 6 heures (cas fréquent sur les Iles Britanniques et la moitié nord de la France). Au contraire, dans les situations orageuses, et, plus généralement, dans les situations à gradient faible, la période peut atteindre plusieurs jours (cas fréquent en Méditerranée). *L'intervalle optimum pourra donc varier de quelques heures à 48 heures.*

On voit que la « gamme » très complète d'intervalles utilisée dans la méthode « des variations » ne sert pas seulement à définir le mouvement des noyaux et leur évolution en profondeur, elle est indispensable à la mise en évidence *même de ces noyaux.*

Si la période restait rigoureusement constante, ces faux noyaux se conserveraient et se déplaceraient régulièrement; ils pourraient donc être utilisés pour la prévision barométrique. Pratiquement, il n'en est rien. En effet : 1° la période ne restant pas tout à fait constante, *les faux noyaux sont instables.* Ceci est d'autant plus vrai qu'un noyau en 24 heures porte le poids d'un long passé; extrapoler en l'utilisant c'est supposer la persistance pendant 48 heures des éléments de l'onde, ce qui est beaucoup trop quand cet intervalle comprend plusieurs périodes. *On a intérêt à utiliser, pour la prévision, l'intervalle minimum où les noyaux sont suffisamment profonds et centrés,* car on réduit ainsi l'espace de temps où l'on suppose constants les éléments de l'onde; 2° la valeur d'un faux noyau, dispropor-

tionnée à l'amplitude réelle de l'onde, est impropre à être comparée à celle des noyaux correspondants à plus petit intervalle, pour déterminer, suivant la méthode de MM. Delcambre et Schereschewsky, le sens dans lequel évolue l'amplitude de l'onde.

Enfin et surtout, les faux noyaux masquent certaines variations courtes mais assez fortes, auxquelles sont souvent associés de très importants systèmes nuageux. *De toutes façons, l'emploi d'un intervalle trop grand par rapport à la demi-période doit donc être proscrit.*

B. *Apparition de noyaux venant de l'Atlantique.* — La prévision barométrique ne comporte pas seulement l'étude de l'évolution de noyaux déjà identifiés sur le continent. En Europe occidentale, dans le cas si fréquent d'un régime à composante Ouest, on est exposé à de graves surprises causées par les noyaux qui viennent de l'Atlantique et dont on ignore tout, puisque l'envoi des observations par les navires en mer n'est pas encore organisé. *Grâce à la notion de période d'un régime* (voir § I) *on peut, dans une certaine mesure, imaginer à quel moment la hausse ou la baisse nouvelle abordera l'ouest du continent.* Les mécomptes sont rares, la période changeant peu au cours d'un même régime ou ne changeant que progressivement. Il est difficile de chiffrer cette variation, l'amplitude de l'onde étant beaucoup moins stable que sa période.

Mais il est déjà du plus haut intérêt de prévoir ce changement de sens de la variation, qui amène d'ordinaire le mauvais temps dans un cas, les éclaircies dans l'autre. *A l'heure actuelle, la notion de période d'un régime, que nous vérifions par l'expérience quotidienne de la prévision à l'Office national météorologique, est la seule qui permette d'éclaircir un peu le grand mystère de l'Atlantique.*

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de* Cycadophytes *dans le gisement wealdien de Féron (Nord).* Note (1) de M. **Alfred Carpentier**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Depuis la publication de notre première Note (2) sur la flore des argiles wealdiennes de Féron (Nord), nous avons recueilli d'intéressants documents sur les *Cycadophytes*, dont les feuilles ou frondes sont assez abondantes à certain niveau.

Aux *Nilssoniales*, terme que nous prenons dans l'acception que lui

(1) Séance du 25 juillet 1921.

(2) Cf. *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1428.

donnent M. H. Hamshaw Thomas et Miss N. Bancroft (1), se rapportent des frondes de *Nilssonia* qui se trouvent à l'état de fragments mesurant de 5^{cm} à 7^{cm}, rarement plus. Le limbe a parfois une tendance à se découper en segments rectangulaires, comme c'est le cas pour le *N. Schaumburgensis* (Dunk. sp.) Seward, du *Wealdien* d'Allemagne. Mais généralement il est entier, large de 10^{mm} à 13^{mm}; la nervure médiane est très forte et proéminente à la face inférieure; les nervures latérales sont nettement marquées, simples, serrées (on peut en compter jusqu'à trente par centimètre). L'examen des cuticules, parfois bien conservées, révèle l'existence de cellules épidermiques allongées, plus ou moins rectangulaires, à membranes rectilignes; la face inférieure offre sous les nervures des cellules épidermiques allongées (46^{μ},8) et entre les nervures des cellules isodiamétriques, subarrondies (25^{μ},3), de même que le limbe des divers *Nilssonia* étudiés par les auteurs précités (2). C'est du type *N. orientalis* Heer que nos empreintes paraissent se rapprocher davantage.

Les *Bennettitales* sont représentées par les genres *Tœniopteris* et *Ptilophyllum*.

Le limbe du *Tœniopteris*, qui se rattache au type *T. vittata* Brongniart, est plus large que celui des *Nilssonia* de Féron; il mesure 24^{mm} de largeur, les nervures latérales sont fines et se bifurquent vers la base. L'étude de lambeaux de cuticules confirme la détermination : les cellules de l'épiderme inférieur ont des membranes à contour très sinueux et mesurent 70^{μ} à 90^{μ} de longueur sur 50^{μ} à 60^{μ} de largeur; les stomates possèdent deux grandes cellules annexes et ressemblent tout à fait à ceux du *T. vittata* (3).

Quelques fragments de feuilles allongées (longueur visible 53^{mm}, largeur 5^{mm}), finement striés dans le sens de leur longueur, montrent des cellules épidermiques à membranes très sinueuses et très papilleuses, du type *Ptilophyllum* (4).

En résumé les *Cycadophytes* sont représentés par trois genres dans la flore de Féron-Glageon. Les espèces *Nilssonia orientalis* et *Tœniopteris vittata* ont une aire très vaste de distribution et on les trouve dans le Jurassique et l'Infracrétacé. On constate une fois de plus ce fait, si souvent mis en relief

(1) H. Hamshaw Thomas and Nellie Bancroft, *On the cuticles of some recent and fossil cycadean fronds* (*The Transactions of the Linnean Society of London*, 2e série, *Bot.*, vol. 8, Part 5, 1913, p. 190 et suiv.). — A. C. Seward, *Fossil plants*, vol. 3, 1917, p. 111.

(2) Hamshaw Thomas and N. Bancroft, *op. cit.*, p. 192, 193; pl. 20, fig. 9, 10, 11.

(3) Id., *ibid.*, p. 189; pl. 20, fig. 5, 6.

(4) Id., *ibid.*, pl. 20, fig. 2, 4.

par M. Seward, de la continuité de la flore jurassique et de la flore wealdienne (1).

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur les hybrides du Lin* (Linum usitatissimum *L.*). Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

Les Lins cultivés pour la graine sont beaucoup plus homogènes que les Lins cultivés pour la fibre et dégénèrent peu (2). Dans une étude de la génétique du Lin, il importe de mettre en évidence la stabilité des premiers pour mieux interpréter les irrégularités et la dégénérescence des seconds. J'ai eu la bonne fortune d'obtenir une lignée de *Lin à graines blanches*, bien caractérisée par ses *graines* de couleur *ivoire* et par ses fruits *à septa non ciliés;* très féconde, très homogène, elle constitue un réactif précieux pour analyser les qualités héréditaires des autres Lins. J'expose ici l'épreuve faite d'un *Lin du Maroc*, que je supposais homogène et qui, après croisement avec le Lin à graines blanches, se comporte comme un groupe hétérogène porteur de caractères dominants.

Les deux sortes se distinguent par tous leurs caractères saillants :

Graines blanches.	*Maroc.*
Plante grêle, ramifiée dès la base, petite (25^{cm}).	Forte, tige simple, haute (40^{cm}).
Fleurs bleu clair, petites (12^{mm})............	Bleues, grandes (25^{mm}).
Fruits petits, comprimés, à septa non ciliés....	Gros, surélevés, à septa ciliés.
Graines petites (2^{mm}-3^{mm}), effilées, blanches...	Grosses (5^{mm}-6^{mm}), ovales, brunes.

Les croisements sont difficiles; des 5 fleurs castrées de chaque hampe les plus jeunes avortent toujours; une ou deux nouent, mais sont souvent vides. Sur 12 plantes mères de 1919, 5 *Maroc* (P_1 à P_5) ont donné respectivement 6, 7, 5, 2 et 3 graines; 1 *Graine blanche* (P_6) sur 6, 4 graines. La combinaison *Graine blanche* × *Maroc* est plus difficile que la réciproque, comme j'ai pu m'en assurer de nouveau en 1920 et 1921; les deux sortes se comportent, à ce point de vue, comme des spéciétés distinctes (Naudin).

En *première génération*, les caractères *Maroc* dominent. Les plantes à ascendant maternel *Maroc* sont identiques, hautes (40^{cm}), ramifiées à la base, donnant des fleurs bleu clair (15^{mm}-20^{mm}), puis des fruits ovales, moyens, à septa ciliés; les graines sont rares, en parties ridées et germent

(1) A.-C. Seward, *Contribution to our knowledge of Wealden floras* (*Quart. Journ. Geol. Soc. London*, vol. 69, 1913, p. 112).

(2) L. Blaringhem, *Sur le pollen du Lin* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1603).

mal; P_2, qui a donné 7 graines, est encore la plus fertile en F_1 avec 125 bonnes graines; P_4, qui a donné 2 graines, rapporte en F_1 52 graines dont la moitié ne germe pas. La combinaison P_6 (*Graines blanches* × *Maroc*) donne en F_1 deux plantes basses (22^{cm} et 31^{cm}), très ramifiées tout le long de la tige et cette particularité persiste en F_2.

L'examen de la *seconde génération* (1921) confirme l'hypothèse que la sorte *Marcc* est hétérogène; le Tableau suivant réunit quelques résultats des disjonctions :

F_2. Lignée.	Plantes à graines			Fruits à septa	
	blanches.	grises.	brunes.	non ciliés.	ciliés.
P_1	3	13	14	12	18
P_2	20	42	12	17	57
P_3	20	27	14	13	48
P_4	3	21	5	6	23
P_5	8	17	9	12	22
P_6	3	21	35	4	55

La sommation des chiffres par colonnes ne conduit pas à des proportions mendéliennes. Au lieu d'imaginer des combinaisons de facteurs multiples, je laisse de côté, comme *critiques*, les lignées P_1, P_4 et P_6, et ne tiens compte que des résultats fournis par P_2, P_3 et P_5. Ensemble, elles donnent 121 plantes à graines colorées contre 48 plantes à graines blanches, soit 3 brun pour 1 blanc; les déviations individuelles, encore fortes, sont de l'ordre des déviations observées par Tine Tammes (¹) après croisements entre variétés de Lins à fleurs blanches avec le type à fleurs bleues; comme cet auteur, j'admets qu'elles sont dues à l'avortement partiel des graines, fait constant et très marqué chez les Lins.

Or, limitée aux trois lignées en question, la vérification se poursuit pour le second couple de caractères avec 127 plantes à septa ciliés contre 42 à septa nus (proportion 3 : 1). Et de même que pour la couleur des graines, les irrégularités des disjonctions de P_1, P_4 et P_6 nous confirment que ces lignées, dites *hétérozygotes* par certains génétistes, offrent une hérédité complexe des caractères franchement discontinus.

Il résulte de ces données : 1° que *la couleur brune du Lin Maroc domine la couleur blanche* du Lin à graines blanches; 2° que *les septa ciliés des fruits dominent les septa nus*. Mais j'en déduis une autre conséquence importante : Dans la sorte *Maroc*, en apparence fort homogène, certaines lignées se comportent dans les croisements avec une sorte réactif étroitement définie comme porteurs de caractères mendéliens simples; d'autres, comme porteurs

(¹) *Die Erklärung einer scheinbaren Ausnahme der Mendel Spaltungsregel* (*Rec. Tr. botan. néerlandais*, t. 11, 1914, p. 60).

de caractères complexes. *Le croisement avec une sorte réactif choisie permet donc de séparer les lignées régulières* dans un ensemble où tout paraît confondu et identique. Cette méthode, combinée avec celle du choix des lignées à pollen régulier, fournit les bases de la technique que j'ai adoptée pour la sélection des Lins.

BOTANIQUE. — *Observations cytologiques sur le bourgeon d'*Elodea canadensis. Note de M. A. GUILLIERMOND, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nos récentes recherches (1) sur le mode de formation des chloroplastes d'*Elodea canadensis* nous ont fourni l'occasion de faire d'intéressantes observations sur les caractères et l'évolution des divers éléments figurés du cytoplasme que nous croyons utile de résumer au moment où cette question vient d'être encore discutée.

Les cellules du point végétatif de la tige, ainsi que des plus jeunes ébauches foliaires, apparaissent dépourvues de chlorophylle, et ne permettent de distinguer sur le vivant, en dehors de leur gros noyau, qu'un certain nombre de petits grains lipoïdes, très réfringents, réduisant l'acide osmique et correspondant aux microsomes de Dangeard (sphérome). Au contraire, dans les ébauches foliaires un peu plus développées, il est possible d'apercevoir, à côté des microsomes, des chondriocontes peu réfringents. Dans les ébauches un peu plus âgées, ceux-ci verdissent et deviennent de ce fait beaucoup plus distincts. En observant les feuilles de plus en plus développées, on peut suivre tous les stades de transformation des chondriocontes en gros chloroplastes arrondis. Ce sont ces chondriocontes, aux dépens desquels s'édifient les chloroplastes, ainsi que les chloroplastes eux-mêmes qui ont été groupés par Dangeard sous le nom de *plastidome*. Mais il y a, en dehors de ces organites, d'autres éléments que n'a pas vu Dangeard et qui présentent également les caractères des mitochondries : ceux-ci sont très visibles dans les cellules tout à fait différenciées : le cytoplasme devient plus transparent et permet d'observer avec une grande netteté, en dehors des chloroplastes et des microsomes, un assez grand nombre de mitochondries en forme de chondriocontes typiques, de grains et surtout de bâtonnets, très faciles à distinguer par leur faible réfringence des microsomes dont le nombre paraît diminuer.

L'observation du point végétatif de la tige et des plus jeunes ébauches foliaires à l'aide de colorants vitaux (rouge neutre, bleu de crésyl) permet de mettre en évidence dans ces cellules l'appareil vacuolaire et de suivre

(1) *Comptes rendus Société de Biologie*, juillet 1921.

son évolution. Il apparaît dans les cellules les plus jeunes sous forme d'un certain nombre de petites vacuoles rondes dont le contenu fixe tout entier les colorants vitaux ou se précipite sous forme de petits corpuscules vivement colorés. Celles-ci ensuite grossissent et se fusionnent pour ne former dans les cellules adultes qu'une énorme vacuole dont le contenu renferme toujours des précipités vivement colorés. Cet appareil vacuolaire correspond au vacuome de Dangeard, et la substance qu'il renferme a été assimilée par le même auteur à la métachromatine des champignons. Dès leurs stades les plus jeunes, les petites vacuoles sont plus grosses que les mitochondries dont elles ne partagent ni les caractères morphologiques, ni les caractères microchimiques. L'évolution de l'appareil vacuolaire est conforme aux descriptions qu'en a donné Dangeard. Toutefois, la substance contenue dans les vacuoles ne saurait être assimilée au produit si fréquent dans les champignons et les bactéries que nous avons pour la première fois caractérisé (volutine de A. Meyer) et pour lequel nous avons proposé le terme de *métachromatine*. Il n'en a aucun des caractères microchimiques.

L'observation de ces mêmes cellules sur coupes traitées par les méthodes mitochondriales permet de préciser l'évolution du chondriome et la nature des divers éléments figurés du cytoplasme. La méthode de Regaud met en évidence avec la plus grande netteté dans les cellules les plus jeunes du méristème, là où ils ne se distinguaient pas sur le vivant de nombreux éléments en formes de chondriocontes, de bâtonnets et de grains, absolument semblables au chondriome de la cellule animale. Cette méthode permet en outre de suivre avec la plus grande précision l'évolution de ce chondriome dans les ébauches foliaires et de constater qu'une partie des chondriocontes se transforment en chloroplastes, alors que les autres éléments du chondriome conservent leurs caractères primitifs et apparaissent dans les cellules adultes sous l'aspect qu'ils montraient sur le vivant. Il y a donc parmi les éléments du chondriome des chondriocontes qui se transforment en chloroplastes et d'autres mitochondries qui ne subissent pas cette transformation. Bien qu'il soit impossible dans l'*Elodea*, comme dans les autres Phanérogames, de distinguer dans le méristème les mitochondries destinées à élaborer de la chlorophylle de celles qui ne participeront pas à ce phénomène, on doit, par ce que l'on sait actuellement de l'évolution des plastes dans la série végétale, admettre que les chondriocontes qui se transforment en chloroplastes sont toujours distincts des autres mitochondries.

La présence de ces deux variétés de mitochondries a été le point de départ d'importantes divergences d'opinion. Mottier a cru devoir séparer les plastes du chondriome et n'assimiler aux mitochondries que les éléments

qui ne se transforment pas en chloroplastes. Au contraire, Meves, s'appuyant sur le fait que les éléments, le plus souvent en forme de chondriocontes, qui se transforment en chloroplastes, ressemblent davantage aux mitochondries animales que les autres éléments fréquemment en forme de grains, a admis que seuls les premiers sont des mitochondries et considère les seconds comme des grains de métaplasmes. Comme les deux catégories d'éléments présentent les mêmes caractères morphologiques et microchimiques et répondent toutes deux à la définition des mitochondries, on est obligé de les considérer l'une et l'autre comme des mitochondries et d'admettre l'existence dans les végétaux verts de deux catégories de mitochondries dont l'une est affectée à la photosynthèse.

Il est facile de s'assurer en outre que les microsomes et l'appareil vacuolaire ne se colorent pas par la méthode de Regaud. Les vacuoles apparaissent absolument incolores et ce n'est qu'exceptionnellement que dans quelques-unes des cellules les plus jeunes du méristème, on observe parfois dans les petites vacuoles quelques granulations sidérophiles que leurs formes et leur situation intravacuolaires ne permettent pas de confondre avec les éléments du chondriome.

Ces observations démontrent donc de la manière la plus rigoureuse qu'il existe dans le cytoplasme de la cellule végétale deux catégories d'éléments figurés, *les uns facilement décelables sur le vivant, mais qui ne se colorent pas par les méthodes mitochondriales* : ce sont d'une part *des granulations lipoïdes, produits du métabolisme cellulaire, improprement désignées sous le nom de microsomes* (1) et d'autre part *les vacuoles. Les autres sont des éléments nettement définis par leurs caractères microchimiques et plus difficilement visibles sur le vivant, mais seuls colorables par les méthodes mitochondriales : ce sont les mitochondries.*

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence générale du manganèse dans le règne végétal.* Note de M. **Gabriel Bertrand** et Mme **M. Rosenblatt**, présentée par M. Roux.

Depuis que Scheele a découvert, en 1785, le manganèse dans la magnésie noire et l'a retrouvé dans les cendres du cumin sauvage et du bois (2), de

(1) Nous pensons que le cytoplasme est constitué par un mélange d'albuminoïdes et de lipoïdes, et que ces derniers, quand ils sont en excès, se séparent sous forme de granulations (microsomes de Dangeard). La dégénérescence graisseuse ne serait, selon nous, que l'exagération de ce processus normal.

(2) *Mémoires de Chymie*, première Partie, p. 39. Dijon, 1785.

nombreux savants ont fait connaître, soit de simples observations, soit de véritables recherches sur l'existence du manganèse dans le règne végétal.

De cet ensemble de publications, on pourrait conclure que la présence du manganèse est générale chez les plantes si Maumené ([1]) n'avait signalé de remarquables exceptions. « Il existe, d'après Maumené, des végétaux où l'on ne trouve point de manganèse. On peut les diviser en deux classes : les uns, sans caractère chimique extraordinaire, tels que oranges, citrons, etc., les autres contenant des composés sulfhydriques ou sulfocyanhydriques, comme l'ail, l'oignon, etc. ». En outre, toujours d'après Maumené, « le son ne contient pas de manganèse.... La fraise en offre, non dans le réceptacle, mais dans la graine.... Dans une feuille, celle du chou, les nervures et le tissu foliacé qu'elles soutiennent offrent des différences incroyables. Le tissu laisse une cendre blanche infusible ne contenant pas de trace de manganèse; les nervures donnent une cendre très fusible, où le manganèse existe en quantité très appréciable ».

Ces exceptions, si elles étaient réelles, présenteraient uue grande importance au point de vue de la question biochimique du manganèse et de toutes les conséquences que l'on en peut tirer. Aussi nous a-t-il paru qu'on ne pouvait pas les admettre sans un nouvel examen. Nous avons été d'autant plus incité à entreprendre celui-ci que Maumené s'était contenté de déterminer le manganèse par la coloration verte des cendres chauffées jusqu'à la fusion. Il est vraisemblable que le métal a dû lui échapper quand les cendres étaient insuffisamment alcalines ou difficilement fusibles.

Nous avons commencé notre examen par l'orange et le citron, auxquels nous avons joint la mandarine; puis nous avons analysé l'ail, l'oignon et quelques plantes de la famille des Liliacées et de la famille des Crucifères contenant, comme le spécifie Maumené, « des composés sulfhydriques ou sulfocyanhydriques ». Enfin, nous avons porté notre attention sur le son, la fraise et la feuille du chou. Dans le cas des fruits et de certaines plantes, nous avons recherché et dosé le manganèse dans les différentes parties, de manière à accroître encore le degré de nos connaissances sur la répartition du métal dans les organes végétaux.

Le dosage du manganèse a été effectué suivant la méthode publiée autrefois par l'un de nous ([2]). Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau suivant :

([1]) *Comptes rendus*, t. 98, 1884, p. 1416.
([2]) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 9, 1911, p. 361.

	Manganèse en milligrammes pour 100g de		
	matière fraîche.	matière sèche.	cendres.
Orange :			
Écorce, partie externe	0,17	0,71	19,1
» » blanche	0,09	0,32	12,0
Tranches sans pépins	0,04	0,31	8,4
Pépins	0,17	0,44	11,4
Citron :			
Écorce, partie externe	0,17	0,65	11,3
» » blanche	0,07	0,26	6,0
Tranches sans pépins	0,03	0,26	4,9
Pépins	0,24	0,53	17,0
Mandarine :			
Écorce, partie externe	0,12	0,67	11,5
» » blanche	0,11	0,43	9,1
Tranches sans pépins	0,03	0,21	5,2
Pépins	0,16	0,39	10,9
Ail : gousses	0,055	0,15	3,8
Oignon : bulbe	0,05	0,56	14,3
Asperge :			
Tête (tiers supérieur)	0,21	2,70	23,7
Partie moyenne (deuxième tiers)	0,18	2,90	37,6
Poireau entier	0,09	0,73	11,3
Bourse à pasteur :			
Racines	5,00	17,6	89,7
Feuilles	2,24	11,1	72,5
Fruits	2,22	9 92	99,8
Radis rose rond :			
Peau	0,10	1,56	14,0
Chair	0,11	2,12	10,5
Radis rose rond (autre provenance) :			
Peau	0,09	1,26	11,8
Chair	0,05	1,10	6,1
Feuilles	0,32	4,04	16,7
Radis noir :			
Écorce	0,72	5,94	33,3
Chair	0,08	1,27	8,4
Navet long :			
Racine	0,05	1,02	8,4
Feuilles	0,21	3,60	19,9
Sysimbre officinal : feuilles	»	11,20	61,3
Moutarde blanche : graine	3,60	3,88	66,4
Moutarde noire : graine	2,50	2,71	69,4
Cresson : tiges et feuilles	0,16	2,51	13,9
Son de *froment*	3,27	3,90	65,0

	Manganèse en milligrammes pour 100g de		
	matière fraîche.	matière sèche.	cendres.
Fraise Héricart :			
Partie superficielle avec les graines....	0,51	4,04	146,9
Reste du péricarpe....................	0,26	2,88	142,8
Feuille de *chou* :			
Nervure principale..................	0,24	2,11	13,4
Nervure secondaire..................	0,54	4,05	35,7
Limbe............................	1,15	6,30	33,6

On voit, par ces résultats, qu'aucune des exceptions signalées par Maumené ne peut être retenue. Si ce savant s'est trouvé parfois devant des résultats négatifs, c'est à cause de l'insuffisance de la méthode analytique dont il s'est servi, méthode qui, avec les diverses parties de la feuille de chou, a même fait ressortir une répartition du métal inverse de celle qui existe en réalité.

On peut donc admettre, en conclusion de tous les travaux publiés jusqu'ici sur la question du manganèse, que la présence du métal est absolument générale chez les plantes : le manganèse existe à la fois dans tous les organes et dans toutes les espèces du règne végétal.

MICROBIOLOGIE. — *Immunité et hypersensibilité chez la Chenille.* Note (¹) de MM. S. **Metalnikow** et **H. Gaschen**, présentée par M. Roux.

Les chenilles de la mite des abeilles (*Galleria mel.*) s'immunisent très facilement contre les différents microbes : pneumocoque, *B. coli*, B. typhique, vibrions cholériques, etc. Tandis que chez les animaux supérieurs l'immunisation prend beaucoup de temps, chez la chenille de *Galleria mel.* l'immunité est acquise (à la température de 37°) en quelques heures. Comme nous l'avons démontré, la chenille est sûrement immunisée vis-à-vis des doses minima mortelles de vibrion cholérique trois heures après l'injection du vaccin [c'est-à-dire d'une émulsion de vibrions cholériques chauffés à 58° (²)]. Il est intéressant de constater que les chenilles immunisées contre la dose minima mortelle deviennent plus sensibles aux fortes doses du même microbe.

(¹) Séance du 25 juillet 1921.

(²) Voir *C. R. Soc. Biol.*, 1921.

Expérience 339. — Dix chenilles reçurent du choléra chauffé à 58°, le 10 juin à 11h du matin.

I. Le lendemain, 11 juin à 10h, cinq chenilles immunisées sont infectées par une dose minima mortelle d'une culture de choléra virulent.

Vingt-quatre heures après toutes les chenilles sont restées vivantes. Les chenilles normales (témoins), injectées par la même dose, meurent en 15-24 heures.

II. A cinq autres chenilles immunisées, on injecte une dose très forte ($\frac{1}{40}$ de centimètre cube d'une émulsion très épaisse).

Dix à quinze minutes après l'injection, ces chenilles sont très malades; 2 à 3 heures après, elles sont mortes.

III. Cinq chenilles normales (témoins) reçurent la même dose forte de choléra.

Deux à trois heures après l'injection, toutes les chenilles sont vivantes et ne paraissent pas être malades. Elles meurent 10 heures après.

Expérience 400. — Quatre chenilles reçurent comme vaccin par deux fois du choléra chauffé à 58° (le 26 juin, matin et soir).

I. Cinq jours après, les chenilles immunisées reçoivent une dose très forte de choléra virulent ($\frac{1}{40}$ de centimètre cube d'une émulsion très épaisse).

Trois minutes après l'injection, trois chenilles meurent subitement. La quatrième chenille meurt 1 heure après.

II. Cinq chenilles normales (témoins) reçurent la même dose de choléra virulent.

Après 2 à 3 heures, toutes les chenilles sont vivantes. Elles meurent 6 à 10 heures après.

Nous avons souvent répété ces expériences. Dans tous les cas, les chenilles immunisées qui supportaient très bien des doses sûrement mortelles de choléra virulent étaient plus sensibles que les chenilles normales, non immunisées, aux doses fortes du même virus.

Nous avons à plusieurs reprises observé un phénomène très curieux qui ressemblait beaucoup au choc anaphylactique des animaux supérieurs. Les chenilles immunisées, injectées avec une forte dose d'une émulsion de vibrion cholérique, mouraient en 2-3 minutes (voir Expérience 400). Malheureusement cette expérience ne réussit pas toujours pour des raisons que nous n'avons pas encore pu saisir.

En examinant le sang des chenilles immunisées, on observe toujours la transformation en granules d'un grand nombre de vibrions cholériques, comme dans le phénomène de Pfeiffer. Cette bactériolyse est surtout très abondante autour et à côté des leucocytes (ce qui prouve l'hypothèse bien connue de Metchnikoff). On constate aussi une phagocytose très énergique, surtout dans les premiers instants qui suivent l'injection du vibrion cholérique.

Chez les chenilles qui meurent rapidement, ces réactions cellulaires et humorales sont très intenses; 20 à 30 minutes après l'inoculation, la plus

grande partie des vibrions est transformée en granules. Nous avons pu toujours constater à côté de la bactériolyse, chez les chenilles mourantes et mortes, la vacuolisation et la destruction des phagocytes et de tous les leucocytes. Cette destruction s'opère avec une grande rapidité, ce qui prouve qu'il y a une forte intoxication. Nous supposons que cette intoxication est due aux endotoxines qui sont mises en liberté par la bactériolyse du vibrion cholérique. C'est ainsi que nous expliquons l'hypersensibilité des chenilles immunisées vis-à-vis des fortes doses de vibrions.

Les chenilles immunisées sont très bien préservées contre les petites doses de virus qui peuvent pénétrer dans le corps pendant l'infection naturelle. Mais cette immunité ne les préserve pas contre l'introduction brusque d'une grande quantité de vibrions dans la cavité générale. Au contraire, ces mêmes forces qui lui assurent l'immunité dans la lutte contre les microbes provoquent la production d'une grande quantité de toxine et la mort très rapide de la chenille.

Dans une autre publication (¹), l'un de nous a déjà exposé une hypothèse d'après laquelle le choc anaphylactique est le résultat d'une réaction trop rapide des cellules sensibilisées par l'immunisation. Ces nouvelles expériences dont nous avons parlé plus haut, plaident en faveur de cette hypothèse.

MÉDECINE. — *Traitement de la syphilis par le bismuth.* Note (²) de MM. R. Sazerac et C. Levaditi, présentée par M. Roux.

Nous avons exposé précédemment (³) nos résultats concernant les effets thérapeutiques du *tartrobismuthate de sodium et de potassium* dans la syphilis expérimentale du lapin et la spirochétose de cette espèce animale. Nous annoncions des essais analogues entrepris sur des sujets atteints de syphilis primaire, secondaire ou tertiaire. La présente Note est un résumé de nos observations, qui sont au nombre de cinq : un cas de syphilis à la période primaire, deux cas de syphilis avec des manifestations secondaires et deux cas de syphilis tertiaire.

Observation I. — L... *Syphilis primaire.* — Chancre du sillon balanopréputial con-

---

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, t. 84, 1921, p. 932.

(²) Séance du 25 juillet 1921.

(³) Sazerac et Levaditi, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1391.

tenant de nombreux tréponèmes, adénopathie inguinale, absence de manifestations secondaires. *Le chancre date de 12 jours*. Début du traitement le 20 *mai* 1921. Neuf injections *intra-musculaires* (1) de sel bismuthique (suspension huileuse), à des intervalles variant de 3 à 6 jours. Dose totale, le 15 juillet : 1g, 11.

Résultat. — Disparition des tréponèmes le troisième jour après le début du traitement. Cicatrisation du chancre le cinquième jour; la lésion diminue rapidement de volume, ainsi que les ganglions inguinaux. Absence totale de manifestations secondaires. La réaction de Bordet-Wassermann, *positive* le 1er juin, devient *négative* le 18 du même mois et se maintient telle jusqu'à présent. Le 15 juillet, soit environ 2 mois après le début du traitement, on observe encore une légère induration au niveau de l'ancien chancre.

Observation II. — St... *Syphilis secondaire*. — Chancre du prépuce, adénopathie inguinale, plaques muqueuses amygdaliennes. Les tréponèmes sont nombreux dans l'accident primitif. Début du traitement le 20 mai. Dix injections intra-musculaires; dose totale : 1g,4 produit actif.

Résultat. — Disparition des tréponèmes le cinquième jour (après la deuxième injection). Cicatrisation du chancre et des plaques muqueuses le 27 mai (7 jours après le début du traitement). L'adénopathie s'atténue sensiblement et finit par disparaître presque complètement. La réaction de Bordet-Wassermann est encore positive le 28 juin.

Observation III. — Ich... *Syphilis secondaire*. — Chancre sous-préputial avec balano-posthite et phymosis. Syphilides papuleuses du front. Spirochètes assez nombreux au niveau des lésions secondaires. Adénopathie. Début du traitement le 20 mai. Huit injections intra-musculaires; dose totale : 1g.

Résultat. — Disparition des tréponèmes au niveau des papules du front (3 jours après la première injection). Guérison des manifestations secondaires le septième jour. Le phymosis est réductible le troisième jour; le septième jour, cicatrisation complète du chancre. La réaction Bordet-Wassermann est encore positive le 21 juin.

Observation IV. — N... *Syphilis tertiaire*. — Accident primitif il y a 2 ans. Actuellement, *gomme ulcérée du genou* et *gommes multiples non ulcérées de la jambe droite*, datant d'environ 3 mois. Début du traitement le 11 juin. Six injections intra-musculaires; dose totale : 1g,5.

Résultat. — Diminution progressive de la gomme ulcérée qui, actuellement, est presque cicatrisée. Guérison complète des gommes non ulcérées dès le dixième jour. La réaction de Bordet-Wassermann est positive le 5 juillet.

Observation V. — Vi... *Syphilis tertiaire*. — Accident primitif il y a 12 ans. *Syphilides tertiaires serpigineuses et croûteuses* des lombes et des fesses, occupant une très large surface, datant de 3 ans. Début du traitement le 11 juin. Six injections intra-musculaires; dose totale : 1g,3.

Résultat. — Dès le troisième jour, les lésions se dessèchent. Elles sont presque guéries le treizième jour. Cicatrisation complète le 30 juin (en 19 jours).

Complications. — Chez le premier de nos malades, nous avons constaté

(1) Les injections sous-cutanées et intra-veineuses sont à déconseiller.

une stomatite fuso-spirillaire, localisée au niveau de la dent de sagesse, sans salivation, ni mauvaise haleine. Cette stomatite a guéri à la suite du traitement local au bleu de méthylène. Chez un autre malade (Obs. II), nous avons constaté un liseré gingival, ressemblant au liseré saturnin. Aucune autre complication. Absence d'albuminurie.

Conclusions. — A en juger par les observations qui précèdent, le traitement au tartrobismuthate de sodium et de potassium détermine la disparition rapide des tréponèmes des lésions ouvertes, et la cicatrisation de ces lésions en quelques jours. Il agit sur l'adénopathie syphilitique primaire et secondaire, et influence favorablement les accidents tertiaires. Dans un cas (syphilis traitée dès le début), la réaction de Bordet-Wassermann, qui était positive, est devenue négative et s'est maintenue telle pendant les deux mois de traitement. Cette réaction est restée positive chez les autres malades. Les seuls accidents observés ont été le liseré gingival, qui traduit l'imprégnation de l'organisme par le bismuth, et la stomatite.

Le temps écoulé depuis l'application du nouveau traitement est trop court pour que l'on puisse affirmer quoi que ce soit de précis au sujet de la guérison *radicale* de la syphilis par les sels bismuthiques (stérilisation). De longs mois d'observation sont nécessaires pour formuler une opinion définitive à ce sujet. Quoi qu'il en soit, les résultats obtenus autorisent d'ores et déjà l'application de ce mode de traitement. Les docteurs Fournier, Bayet, Jacqué et A. Marie ont entrepris de nombreux essais dans toutes les formes de la syphilis. Leurs observations complètent les précédentes et les confirment.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 AOUT 1921.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de l'Assomption, la prochaine séance hebdomadaire n'aura pas lieu le lundi 15, mais le mardi 16 août.

M. **Baillaud**, chargé de représenter l'Académie à l'inauguration du monument élevé au Havre à la mémoire du contre-amiral *Mouchez*, rend compte de sa mission.

M. **A. Lacroix** offre à l'Académie un travail : *Les pierres de Madagascar* (*gemmes, pierres d'ornementation, pierres d'industrie*), dans lequel il étudie ces minéraux de la Grande Ile au point de vue de leurs propriétés, de leur mode de gisement et de leur utilisation pratique.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces cerclées.* Note de M. **A. Demoulin**.

Soit Σ une surface réelle engendrée par un cercle Γ dépendant d'un paramètre u. Nous plaçant dans le cas général, nous supposons qu'il n'y a pas de courbe à laquelle le cercle Γ soit constamment tangent.

Soit S_5 la limite vers laquelle tend la sphère orthogonale à Γ et à la position de Γ qui correspond à la valeur $u + \Delta u$ du paramètre u, lorsque Δu tend vers zéro. Désignons par A, B les intersections de S_5 et de Γ, et par S_A,

S_B les sphères passant par Γ qui touchent respectivement Σ aux points A, B. Trois cas peuvent se présenter : ou bien ces sphères sont réelles, ou bien elles sont imaginaires conjuguées et de rayons non nuls, ou bien ce sont des cônes isotropes. Dans les deux premiers cas, appelons S_1, S_2 les sphères qui bissectent l'angle des sphères S_A, S_B. Dans le troisième cas, appelons S_1, S_2 deux sphères réelles quelconques qui se coupent orthogonalement suivant Γ. Désignons respectivement par M_1, N_1 et M_2, N_2 les points de contact avec Σ des sphères S_1 et S_2. Soient S_4 et S_3 les sphères qui coupent orthogonalement Γ aux points M_1, N_1 et M_2, N_2. Ces sphères sont orthogonales. Les sphères S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 forment un pentasphère dont nous désignerons les rotations par $\xi, \eta, \zeta, p, q, r, \lambda, \mu, \nu, \rho$. Quatre de ces rotations, à savoir η, q, λ, μ, sont nulles. Dans le troisième cas, on a, en outre, $\xi = \pm p$. Cette égalité exprime que les foyers du cercle Γ décrivent des courbes minima.

Les coordonnées $x_1, x_2, \ldots, x_5$ de tout point M de Γ peuvent s'exprimer comme il suit :

$$x_1 = 0, \qquad x_2 = 0, \qquad x_3 = i(1 + t^2), \qquad x_4 = 1 - t^2, \qquad x_5 = 2t.$$

Si 1, 0, ∞ sont respectivement les paramètres des points M_1, A, B, t a pour valeur (MM_1AB).

La sphère S qui passe par Γ et qui touche Σ en M touche Σ en un second point N situé sur Γ. M et N sont inverses par rapport à S_5. Le paramètre de N est égal à $-t$.

L'angle θ que S fait avec S_1 est donné par l'égalité

$$\text{(A)} \qquad \operatorname{tang}\theta = i\frac{\xi}{p}\,\frac{1 - t^2}{1 + t^2}.$$

Toute sphère tangente à Σ en M a une équation de la forme

$$t\mathfrak{R}(\cos\theta\, x_1 - \sin\theta\, x_2) + i\frac{1 + t^2}{2}x_3 + \frac{1 - t^2}{2}x_4 + t x_5 = 0,$$

Si V désigne l'angle de cette sphère et de S_5, on a $\cos V = \frac{1}{\mathfrak{R}}$.

Les valeurs $\mathfrak{R}'$, $\mathfrak{R}''$ de $\mathfrak{R}$ qui répondent aux sphères principales sont les racines de l'équation

$$\begin{aligned} &4i\frac{\xi}{p}t^2(\xi\cos\theta - ip\sin\theta)\mathfrak{R}^2 \\ &\quad - \left\{2i\frac{\xi}{p}t^2[(\rho - i\nu)t^2 - 2i\zeta t + \rho + i\nu] + rt\varphi(t) - i\left(\frac{\xi}{p}\right)' t(1 - t^4)\right\}\mathfrak{R} \\ &\qquad\qquad - \left(\frac{1 - t^2}{2}\xi\sin\theta - i\frac{1 + t^2}{2}p\cos\theta\right)\varphi(t) = 0, \end{aligned}$$

étant posé

$$\varphi(t) = (1+t^2)^2 - \left(\frac{\xi}{p}\right)^2 (1-t^2)^2.$$

Pour que l'on ait $\mathcal{R}' + \mathcal{R}'' = 0$ en tout point de Σ, il faut et il suffit que la sphère S_3 soit fixe et que la droite AB engendre une surface minima dans la métrique non euclidienne dont S_3 est la sphère fondamentale.

Le produit de $\mathcal{R}'\mathcal{R}''$ a pour expression

$$\text{(B)} \qquad \mathcal{R}'\mathcal{R}'' = \left[\frac{p\varphi(t)}{4\xi t^2}\right]^2.$$

Les valeurs de $\mathcal{R}'\mathcal{R}''$ aux points M et N sont égales.

En vue de donner aux égalités (A) et (B) leur forme définitive, nous distinguerons deux cas.

Premier cas : *Les points* A *et* B *sont imaginaires conjugués.* — Soit iR le rayon de la sphère S_3. M_1 est réel; par suite, pour tout point M réel, t est imaginaire et de module égal à 1. Si l'on pose $t = e^{i\frac{\Delta}{R}}$, les formules (A) et (B) deviennent

$$\text{(A')} \qquad \tan\theta = \frac{\xi}{p}\tan\frac{\Delta}{R},$$

$$\text{(B')} \qquad \mathcal{R}'\mathcal{R}'' = \left[\cos^2\frac{\Delta}{R} + \left(\frac{\xi}{p}\right)^2 \sin^2\frac{\Delta}{R}\right]^2 \left(\frac{p}{\xi}\right)^2.$$

Soient P_1, P les intersections de AB et des droites M_1N_1, MN. Δ est égal au segment PP_1, évalué dans la métrique non euclidienne dont S_3 est la sphère fondamentale.

Lorsque M décrit Γ, le produit $\mathcal{R}'\mathcal{R}''$ varie entre $\left(\frac{p}{\xi}\right)^2$ et $\left(\frac{\xi}{p}\right)^2$. Donc, pour que $\mathcal{R}'\mathcal{R}''$ soit constant, il faut et il suffit que l'on ait $\xi = \pm p$. Alors $\mathcal{R}'\mathcal{R}'' = 1$.

Deuxième cas : *Les points* A *et* B *sont réels.* — Soit R le rayon de S_3. Un des couples (M_1, N_1), (M_2, N_2) est réel, l'autre est imaginaire. Supposons que le couple (M_1, N_1) soit réel et que M_1 appartienne à la partie de Γ extérieure à S_3. Si M appartient à la même partie de Γ, t est réel et positif. Posons $t = e^{\frac{\Delta}{R}}$, les formules (A) et (B) s'écriront

$$\text{(A'')} \qquad \tan\theta = -i\frac{\xi}{p}\,\text{th}\,\frac{\Delta}{R},$$

$$\text{(B'')} \qquad \mathcal{R}'\mathcal{R}'' = \left[\text{ch}^2\frac{\Delta}{R} - \left(\frac{\xi}{p}\right)^2 \text{sh}^2\frac{\Delta}{R}\right]^2 \left(\frac{p}{\xi}\right)^2.$$

Δ a la même signification géométrique que dans le premier cas.

En vertu de (A''), $\frac{\xi}{p}$ est purement imaginaire. Par suite, $\mathcal{R}'\mathcal{R}''$ est négatif. Si M tend vers A ou vers B, $\mathcal{R}'\mathcal{R}''$ tend vers $-\infty$.

Les formules (B'), (B'') conduisent à une nouvelle expression de $\mathcal{R}'\mathcal{R}''$. On a

$$\mathcal{R}'\mathcal{R}'' = \pm \frac{1}{R^2}\left(\frac{d\Delta}{d\theta}\right)^2,$$

le signe + correspond à la formule (B') et le signe — à la formule (B'').

Lorsque la sphère S_3 est fixe, la surface Σ et la surface gauche engendrée par la droite AB se correspondent dans une transformation de M. Darboux, et les considérations précédentes fournissent des propriétés des surfaces gauches en géométrie non euclidienne.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les domaines d'existence de certaines fonctions uniformes.* Note de M. **P. Fatou**.

La théorie des groupes kleinéens et les recherches relatives à l'itération des fonctions rationnelles ont mis en évidence ce fait que des courbes sans tangentes et des ensembles parfaits partout discontinus ([1]) peuvent s'introduire, notamment comme frontières de domaines d'existence de fonctions uniformes, dans des problèmes à énoncés simples où toutes les données sont analytiques. Les géomètres qui, dans ces dernières années, ont étudié les ensembles de points ont introduit d'autre part la notion de point inaccessible de la frontière d'un domaine, notion restée jusqu'ici sans application. Il est probable que l'itération des fonctions rationnelles conduirait à envisager de tels domaines si l'on pouvait pousser jusqu'au bout l'étude difficile de quelques cas singuliers; ce qui est certain, comme on va le voir, c'est que les cas les plus simples d'itération des fonctions entières conduisent de suite à des singularités de cette nature.

Je pose

$$z_1 = \varphi(z) = z + 1 + e^{-z}. \tag{1}$$

On voit de suite que les fonctions itérées $\varphi_n(z)$ convergent vers l'infini à l'intérieur du domaine Δ défini par $x > 0 (z = x + iy)$; le domaine antécédent immédiat Δ_{-1} de Δ, qui est d'un seul tenant et simplement connexe, contient Δ (au sens large); on vérifie ensuite qu'on a $|\varphi'(z)| > K > 1$, à l'extérieur de Δ_{-1} et sur son contour.

([1]) Pour ces ensembles il arrive souvent qu'une courbe qui les contient ne peut avoir de tangente en aucun point de l'ensemble.

Je considère d'autre part les demi-droites $d^{(k)}$ définies par

$$y = (2k+1)\pi, \quad x \leqq 0 \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2 \ldots)$$

et qui sont invariantes par la substitution (1). Sur ces demi-droites, à l'exclusion des extrémités A_k d'affixes $(2k+1)i\pi$, les $\varphi_n(z)$ tendent vers l'infini; mais il n'en est plus de même dans un domaine arbitrairement petit contenant un point de $d^{(k)}$; les $d^{(k)}$ appartiennent à l'ensemble parfait F des points autour desquels aucune suite extraite des $\varphi_n(z)$ ne converge, au sens large ([1]) et uniformément. F peut aussi être défini : 1° comme la frontière du domaine D formé par les points où les $\varphi_n(z)$ convergent uniformément vers l'infini; D est d'un seul tenant, simplement connexe, et l'ensemble D + F coïncide avec le plan tout entier; 2° comme l'ensemble dérivé des antécédents d'un point quelconque du plan; F est constitué notamment par les demi-droites d et les courbes antécédentes c (ces lignes d et c joignant chacune un point à distance finie au point à l'infini et ne se coupant pas elles-mêmes ni entre elles à distance finie), ce système de lignes étant complété par l'adjonction de certains points limites en nombre infini qui n'appartiennent à aucune d'elles, entre autres les points périodiques d'ordre > 1.

Les résultats que nous venons d'énoncer s'obtiennent aisément à partir des remarques qui précèdent, en utilisant d'autre part les procédés de démonstration que nous avons employés pour traiter les mêmes questions dans le cas des substitutions rationnelles. On vérifie en outre facilement que le système des lignes c et d constitue une figure symétrique par rapport à toutes les d.

Ceci posé, on démontre bien simplement le fait suivant : *tout point des lignes d et c, à l'exclusion de leurs extrémités, est inaccessible relativement à* D. Il suffit de démontrer la chose pour $d^{(0)}$; supposons qu'un point P intérieur à $d^{(0)}$ soit accessible et soit MP un arc de courbe simple dont tous les points sauf P sont intérieurs à D; d'autre part $A_0 (z = i\pi)$ est accessible notamment par tous les chemins intérieurs au demi-plan Δ; on peut joindre M et A_0 par une ligne simple intérieure à D ne rencontrant pas MP, et l'on forme ainsi le contour simple MA_0P ou $\mathfrak{C}$ qui divise le plan en deux régions; comme tout point du segment A_0P est limite de points appartenant à des courbes c, la symétrie remarquée tout à l'heure montre qu'il y a des courbes c qui ont des points à l'intérieur de $\mathfrak{C}$, et ceci est évidemment

---

([1]) C'est-à-dire que nous n'excluons pas la convergence vers l'infini.

absurde puisque toute courbe c ne peut rencontrer ni $d^{(0)}$, ni MA_0P dont tous les points sauf M et P sont dans D, et doit d'autre part s'étendre à l'infini. Ainsi tous les points de $d^{(0)}$, sauf A_0 et le point à l'infini, sont inaccessibles, et la même propriété a évidemment lieu pour les courbes antécédentes. On voit que le continu F renferme une infinité d'arcs analytiques à points inaccessibles qui passent aussi près que l'on veut d'un point donné de F. On peut remarquer en outre que l'inégalité

$$|\varphi'(z)| > K > 1,$$

qui est vérifiée en tout point de F, aurait justement pour conséquence, si $\varphi(z)$ était un polynome, que la frontière du domaine du point à l'infini, jouant le même rôle que F dans le cas actuel, n'aurait que des points frontières accessibles.

Remarquons enfin que D est le domaine d'existence des fonctions uniformes $A(z)$ qui vérifient l'équation fonctionnelle d'Abel :

$$A[\varphi(z)] = 1 + A(z),$$

et qui sont holomorphes à l'intérieur du demi-plan Δ; la solution fondamentale s'obtient, comme dans le cas analogue des substitutions rationnelles ayant un point double singulier à l'infini, par la formule

$$A(z) = \lim_{n=\infty} [\varphi_n(z) - n],$$

et est complètement indéterminée en chaque point de F.

ANALYSE ALGÉBRIQUE. — *Sur une représentation du groupe des 27 droites en groupe de collinéations quaternaires.* Note de M. **Potron**.

M. Bagnera a établi (1) qu'*il ne peut exister qu'un seul groupe de collinéations quaternaires qui soit primitif, d'ordre fini et contienne des homologies d'ordre* > 2 (conditions que j'appellerai conditions B), et que ce groupe, s'il existe, sera d'ordre 25920. Or M. Witting avait été conduit, par l'étude de transformations de fonctions hyperelliptiques, à un groupe de cet ordre, isomorphe du groupe des 27 droites, et dont la représentation en collinéations quaternaires remplit précisément les conditions B. Le rapprochement de ces deux résultats permit à M. Bagnera de conclure qu'*il existe*

(1) *R. C. M. P.*, t. 19, 1905.

un groupe de coordinations quaternaires et un seul, isomorphe au groupe des 27 droites, remplissant les conditions B.

J'ai pu, en partant du résultat de M. Bagnera, légèrement précisé, et sans faire appel à des considérations étrangères à la théorie des groupes, établir l'existence du groupe remplissant les conditions B.

Ce groupe, s'il existe, contiendra quatre homologies d'ordre 3 que l'on peut, par un choix convenable des coordonnées tétraédriques, mettre sous la forme

$$h = | x_1, \varepsilon x_2, x_3, x_4 |, \qquad l = | x_1, x_2, \varepsilon x_3, x_4 |,$$
$$k = | -(\varepsilon + 2) x_1, \varepsilon^2 x_2 + x_3 + x_4, x_2 + \varepsilon^2 x_3 + x_4, x_2 + x_3 + \varepsilon^2 x_4 |,$$
$$m = | \varepsilon^2 x_1 + x_3 - x_4, -(\varepsilon + 2) x_2, x_1 + \varepsilon^2 x_3 - x_4, -x_1 - x_3 + \varepsilon^2 x_4 |,$$
$$\varepsilon^2 + \varepsilon + 1 = 0.$$

On voit facilement que W est primitif. Si donc il est d'ordre fini, ce sera un groupe remplissant les conditions B. Or, W transforme le tétraèdre de référence en au moins 40 tétraèdres dont on peut donner la représentation suivante :

$$T_1 = [x_1, x_2, x_3, x_4], \qquad T_\alpha = [x_1, x_2 + \varepsilon^{\alpha+\beta} x_3 + \varepsilon^{\alpha-\beta} x_4],$$
$$T_{\alpha+3} = [x_3, \varepsilon^{\gamma+1} x_1 - x_2 + \varepsilon^{\delta-1} x_4], \qquad T_{\alpha+6} = [x_2, \varepsilon^{\gamma+1} x_1 + \varepsilon^{\delta-1} x_3 - x_4],$$
$$T_{\alpha+9} = [x_4, \varepsilon^{\gamma+1} x_1 + \varepsilon^{\delta-1} x_2 - x_3],$$
$$T_{\alpha+12+9\mu} = [\varepsilon^{2\alpha} x_1 + \varepsilon x_3 - x_4, \varepsilon^{2\mu} x_2 + \varepsilon x_3 + x_4, \varepsilon^{\gamma+1}(1-\varepsilon) x_1 + \varepsilon^{1-\mu}(1-\varepsilon^{\delta+1}) x_2 + (1-\varepsilon^{\delta-1}) x_3 + (1-\varepsilon^{\delta}) x_4, \quad (\alpha+\beta+1 \not\equiv 0)],$$
$$T_{\alpha+15+9\mu} = [\varepsilon^{2\alpha} x_1 + x_3 - x_4, \varepsilon^{2\mu} x_2 + x_3 + \varepsilon^2 x_4, \varepsilon^{\gamma+1}(1-\varepsilon) x_1 + \varepsilon^{2\mu}(1-\varepsilon^{\delta-1}) x_2 + (1-\varepsilon^{\delta}) x_3 + \varepsilon(1-\varepsilon^{\delta+1}) x_4, \quad (\alpha+\beta-1 \not\equiv 0)],$$
$$T_{\alpha+18+9\mu} = [\varepsilon^{2\alpha} x_1 + x_3 - \varepsilon x_4, \varepsilon^{2\mu} x_2 + x_3 + \varepsilon x_4, \varepsilon^{\gamma+1}(1-\varepsilon) x_1 + \varepsilon^{2\mu}(1-\varepsilon^{\delta}) x_2 + \varepsilon(1-\varepsilon^{\delta+1}) x_3 + (1-\varepsilon^{\delta-1}) x_4, \quad (\alpha+\beta \equiv 0)],$$

où $\alpha = 2, 3, 4$; $\beta, \lambda, \mu = 0, 1, 2$; les quatre fonctions linéaires entre [ ] sont les premiers membres des équations des plans des faces du tétraèdre. Au moyen de cette représentation, il est assez facile de déterminer les actions de h, k, l, m, qui permutent entre eux ces 40 tétraèdres.

Alors si W_0 désigne le diviseur de W fixant chaque sommet de T_1, on a $(W, 1) \leqq 24 \times 40 \times (W_0, 1)$ [1]. Toute collinéation de W_0 est de la forme $\sigma = (\alpha x_1, \beta x_2, \gamma x_3, \delta x_4)$, chacun des multiplicateurs étant de la forme $a\varepsilon + b$, a et b entiers rationnels. Or si F désigne la forme hermitienne $\Sigma_i^4 x_i \bar{x}_i$, on voit que $hF\bar{h} = lF\bar{l} = F$, $kF\bar{k} = mF\bar{m} = 3F$ [1]. Il en résulte

[1] Voir pour ces notations : DE SEGUIER, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 430; t. 161, 1915, p. 161 et 553, et *Journal de Mathématiques*, 7e série, t. 2, 1916, p. 282.

que $\dot{\sigma}F\bar{\sigma} = 3^0F$ et, par suite, $\alpha\dot{\alpha} = \beta\dot{\beta} = \gamma\dot{\gamma} = 3^0$. On en conclut que si $\theta = 2\theta'$, les multiplicateurs de σ, au facteur $3^{\theta'}$ près, ont l'une des formes $\pm\varepsilon^2$, $\pm\varepsilon$, ± 1; et, de même, si $\theta = 2\theta' + 1$, l'une des formes $\pm(\varepsilon + 2)$, $+(\varepsilon - 1)$, $\pm(2\varepsilon + 1)$. Donc le nombre des collinéations de W_0 est fini. Donc *l'ordre de* W *est fini et* W *est un groupe remplissant les conditions* B.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le mouvement d'une particule dans le champ d'un noyau chargé.* Note (¹) de M. **Kinnosuke Ogura**, présentée par M. Emile Borel.

Soit

$$(1)\qquad ds^2 = -\frac{1}{\gamma}dr^2 - r^2\,d\theta^2 - r^2\sin^2\theta\,d\Phi^2 + \gamma c^2\,dt^2,$$

où

$$\gamma = 1 - \frac{2km_1}{c^2r} + \frac{k\varepsilon_1^2}{c^4r^2},$$

l'expression de l'intervalle élémentaire autour d'un point M, qui est la seule singularité du champ de gravitation et d'électricité, k étant la constante de la gravitation, m_1 la masse, ε_1 la charge. M. Jeffery (²) a étudié le mouvement d'une particule M_2 dans ce champ, en supposant que la masse (au repos) m_2 et la charge ε_2 de cette particule sont très petites. D'après lui, les équations du mouvement dans le plan $\theta = \frac{\pi}{2}$ sont :

$$(2)\qquad \frac{d^2r}{ds^2} - \frac{\gamma'}{2\gamma}\left(\frac{dr}{ds}\right)^2 - r\gamma\left(\frac{d\Phi}{ds}\right)^2 + \frac{c^2}{2}\gamma\gamma'\left(\frac{dt}{ds}\right)^2 = -\frac{\varepsilon_1\varepsilon_2\gamma}{cm_2r^2}\frac{dt}{ds},$$

$$(3)\qquad r^2\frac{d\Phi}{ds} = \frac{h}{cm_2},$$

$$(4)\qquad \gamma\frac{dt}{ds} = \frac{r(H + m_2c^2) - \varepsilon_1\varepsilon_2}{m_2c^3r},$$

γ' désignant $\frac{d\gamma}{dr}$ et h, H deux constantes.

Posons maintenant

$$\frac{dr}{dt} = \dot{r},\qquad \frac{d^2r}{dt^2} = \ddot{r},\qquad \frac{d\Phi}{dt} = \dot{\Phi},$$

$$P = \frac{r(H + m_2c^2) - \varepsilon_1\varepsilon_2}{m_2c^2r},\qquad \frac{dP}{dr} = P'.$$

(¹) Séance du 1er août 1921.

(²) G. B. Jeffery, *The field of an electron on Einstein's theory of gravitation* (*Proceedings of Royal Society*, série A, vol. 99, 1921, p. 123).

En éliminant s des équations (2), (3) et (4), nous avons

$$(5)\qquad \frac{P}{\gamma^2}\ddot{r} + \frac{2P'\gamma - 3P\gamma'}{2\gamma^3}\dot{r}^2 - \frac{Pr}{\gamma}\dot{\Phi}^2 + \frac{c^2}{2}\frac{P\gamma'}{\gamma} = -\frac{\varepsilon_1\varepsilon_2}{cm_2 r^2},$$

$$(6)\qquad cm_2\frac{Pr^2}{\gamma}\dot{\Phi} = h,$$

équations du mouvement de la particule M_2 dans le plan $\theta = \frac{\pi}{2}$.

Prenons

$$(7)\qquad v^2 = \frac{1}{\gamma}\dot{r}^2 + r^2\dot{\Phi}^2,$$

$$(8)\qquad V = \frac{\varepsilon_1\varepsilon_2}{r} + (\sqrt{\gamma} - 1)m_2c^2\left(= \frac{\varepsilon_1\varepsilon_2}{r} - \frac{km_1m_2}{r} + \ldots\right),$$

$$(9)\qquad T = m_2c^2\sqrt{\gamma}\left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{\gamma c^2}}} - 1\right)\left(= \frac{m_2v^2}{2} + \frac{km_1m_2}{2c^2}\frac{v^2}{r} + \ldots\right)$$

et appelons v la *vitesse* de la particule M_2, V l'*énergie potentielle* et T l'*énergie cinétique*.

Nous trouvons *le principe de la conservation de l'énergie :*

$$(10)\qquad T + V = H.$$

Dans la théorie de la relativité restreinte les équations de Lagrange s'établissent, si nous prenons la quantité $T\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ au lieu de T. De même, nous pouvons démontrer que *les équations de Lagrange généralisées sont vérifiées dans notre cas,* à savoir :

$$(11)\qquad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T_1}{\partial \dot{r}}\right) - \frac{\partial T_1}{\partial r} = -\frac{\partial V}{\partial r},$$

$$(12)\qquad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T_1}{\partial \dot{\Phi}}\right) - \frac{\partial T_1}{\partial \Phi} = -\frac{\partial V}{\partial \Phi},$$

où

$$T_1 = T\sqrt{1 - \frac{v^2}{\gamma c^2}} = m_2c^2\left[\gamma^{\frac{1}{2}} - \left(\gamma - \frac{1}{c^2\gamma}\dot{r}^2 - \frac{r^2}{c^2}\dot{\Phi}^2\right)^{\frac{1}{2}}\right].$$

En introduisant la *fonction de Lagrange généralisée* définie par

$$(13)\qquad L = T_1 - V = m_2c^2 - m_2c^2\left(\gamma - \frac{1}{c^2\gamma}\dot{r}^2 - \frac{r^2}{c^2}\dot{\Phi}^2\right)^{\frac{1}{2}} - \frac{\varepsilon_1\varepsilon_2}{r},$$

les équations (11) et (12) prennent les formes suivantes :

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{r}}\right) - \frac{\partial L}{\partial r} = 0, \qquad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\Phi}}\right) - \frac{\partial L}{\partial \Phi} = 0.$$

Nous avons donc *le principe d'Hamilton généralisé* :

$$\delta \int_{t_0}^{t_1} \mathrm{L}\, dt = 0,$$

t_0, t_1 étant deux valeurs données.

SPECTROSCOPIE. — *Un nouveau spectre du césium.* Note de **M. L. Dunoyer.**

I. Des expériences encore inédites, remontant à la fin de juillet 1914, m'ont permis de constater que l'on pouvait obtenir, pour le rubidium et le césium, des spectres à peu près entièrement nouveaux, en excitant la luminescence de leurs vapeurs par induction électromagnétique. Pour le césium, en effet, j'ai mesuré les longueurs d'onde d'environ 630 raies, entre 2250 et 6300 U. A., tandis que, dans le même intervalle, on n'en connaît guère actuellement plus de 120. Les clichés que j'ai obtenus montrent du reste beaucoup d'autres raies faibles, que j'ai provisoirement laissées de côté. Ces spectres sont formés de raies fines et dont beaucoup sont intenses, sans aucune trace de fond continu. Je ne m'occuperai, dans cette Note, que du césium.

II. *Dispositif expérimental.* — Un tube en quartz fondu, terminé par des glaces en quartz à faces parallèles soudées (en vue de faciliter l'étude de l'absorption), contenait le métal pur. Ce tube était entouré d'une douzaine de spires de gros fil de cuivre dans lesquelles on produisait des courants de haute fréquence. Le tube, avec son enroulement inducteur, était placé à l'intérieur d'un four électrique en verre à double paroi. L'appareil dispersif était un spectrographe Féry, complété par un régulateur de température, trouvé indispensable dès que l'on veut faire des poses un peu longues.

III. *Existence de différents spectres.* — A la température ordinaire, le tube reste obscur quand on fait passer la décharge. Vers 100°, il s'illumine d'une lueur intense bleu pâle. Si l'on élève la température, cette teinte augmente d'intensité, puis change, sinon brusquement, du moins très rapidement, et, à 250°, le tube est rose saumon. Quand la température s'élève encore, la luminescence s'atténue, puis disparaît. Quand la température s'abaisse, les mêmes phénomènes se reproduisent en sens inverse.

Pendant la période de transition, les deux teintes peuvent exister simultanément dans le tube, en des régions différentes. Ce très curieux phénomène semble dépendre non pas directement de la température, mais de la pression de la vapeur, qui ne s'égaliserait que lentement à celle du point le

plus froid, malgré la forme rectiligne et le diamètre relativement gros du tube.

Ce changement de teinte est accompagné d'une modification profonde dans le spectre. Sous pression relativement forte, il comprend un petit nombre de lignes parmi lesquelles j'ai obtenu le doublet bleu de la série principale et la composante la plus intense (et la plus réfrangible) du premier doublet ultraviolet. A basse pression, ces trois raies s'affaiblissent, tandis qu'il en apparaît un très grand nombre d'autres dont aucune n'appartient ni à la série principale, ni à la première série secondaire, seule connue. Le nouveau spectre dont il s'agit est donc particulier aux très basses pressions; il tend à disparaître quand la pression s'élève, tandis que la série principale augmente d'intensité.

Si l'on compare ce spectre aux autres spectres du césium actuellement connus, on constate que les identifications sont rares et douteuses pour les spectres de flamme, d'arc et même de tube à vide d'après les mesures de Goldstein ([1]). Au contraire toutes les raies d'étincelle obtenues par Lockyer ([2]) et par Exner et Haschek ([3]) (au total 63 raies) peuvent s'identifier, à quelques dixièmes d'angström près, avec les plus intenses du spectre que j'ai obtenu.

Quant au spectre d'absorption que j'ai photographié, il comprend uniquement la série principale, dont j'ai obtenu les doublets, du n° 2 (doublet bleu) au n° 26, mes mesures concordant à 1 U. A. près avec celles de Bevan ([4]).

Voici les principales raies du spectre d'émission à basse température. Les chiffres indiquant les intensités n'ont d'autre valeur que de fournir un classement approximatif.

2272,0	1	2326,5	1	2400,2	1	2485,2	10	2538,7	1	2597,2	12
2277,6	2	2332,8	3	2425,5	1	2494,7	8	2544,0	10	2600,6	8
2283,3	1	2340,7	4	2426,6	1	2496,6	1	2551,2	2	2604,0	1
2288,3	1	2351,9	1	2427,9	2	2501,8	1	2554,8	1	2605,7	3
2289,0	1	2354,5	2	2455,7	10	2510,8	2	2560,4	4	2609,7	2
2293,2	1	2364,8	1	2459,2	2	2511,8	1	2568,8	3	2610,4	3
2299,7	1	2375,9	1	2462,1	1	2525,5	15	2571,5	1	2614,9	1
2316,5	1	2379,4	1	2466,3	1	2528,8	1	2573,2	8	2616,5	2
2317,6	2	2393,0	3	2477,5	12	2533,5	5	2591,4	1	2629,1	2

([1]) GOLDSTEIN, *Verh. physik. Gesell.*, t. 9, 1907, p. 321.
([2]) LOCKYER, *Solar Physics Committee*, 1906.
([3]) EXNER et HASCHEK, *Wellenlangen Tabellen*, 1902.
([4]) BEVAN, *Roy. Soc. Proc.*, t. 86, 1912, p. 320.

2630,7	20	2793,4	1	2938,5	8	3256,1	2	3662,5	15	4300,9	8
2634,5	1	2794,6	2	2941,1	6	3266,4	2	3681,0	8	4331,0	1
2636,3	1	2799,6	2	2942,7	1	3267,4	2	3700,3	10	4364,3	12
2640,7	1	2809,9	4	2963,1	8	3268,8	10	3711,5	2	4374,3	8
2643,1	4	2810,8	6	2965,5	3	3271,9	4	3730,8	2	4385,5	5
2646,6	2	2815,3	2	2966,2	1	3300,9	8	3733,2	1	4400,8	1
2651,3	3	2817,1	5	2969,7	3	3304,8	3	3734,8	10	4405,6	10
2652,4	5	2818,0	1	2971,2	2	3312,5	1	3751,8	3	4411,3	8
2657,4	1	2819,4	1	2977,3	6	3315,6	3	3785,8	10	4426,9	10
2659,1	1	2823,1	3	2995,6	3	3316,5	8	3798,4	1	4436,5	4
2669,1	1	2824,3	2	2996,6	1	3323,7	1	3805,4	10	4501,5	15
2670,2	1	2829,1	1	2999,7	3	3340,4	3	3820,1	2	4506,4	5
2672,0	1	2829,7	1	3001,6	4	3341,5	8	3838,3	5	4526,9	20
2677,3	1	2835,3	1	3003,1	3	3343,9	3	3862,5	2	4539,4	12
2679,3	3	2838,3	8	3028,4	2	3344,9	8	3865,0	8	4555,4	2
2681,5	2	2844,6	1	3029,5	2	3349,3	4	3884,2	3	4592,6	1
2682,4	2	2845,7	10	3030,6	2	3350,1	8	3889,4	4	4597,3	2
2687,0	2	2846,4	1	3031,8	1	3358,3	5	3897,7	12	4604,0	25
2689,9	1	2847,4	1	3032,8	2	3369,0	2	3905,4	2	4608,9	2
2692,2	1	2851,2	7	3051,2	2	3397,6	2	3907,3	2	4615,6	10
2699,6	2	2852,5	1	3055,1	3	3406,7	6	3925,9	15	4621,8	2
2700,7	8	2854,6	2	3058,1	1	3411,6	8	3956,2	6	4645,6	8
2701,6	10	2859,4	12	3060,4	1	3418,0	2	3959,8	8	4669,7	4
2707,1	10	2861,2	1	3061,6	1	3450,1	2	3964,9	10	4732,3	5
2714,3	1	2862,8	1	3067,0	15	3463,4	5	3974,2	8	4763,7	12
2724,4	1	2865,5	2	3078,4	1	3465,2	1	3978,2	5	4787,6	6
2728,1	1	2866,8	1	3092,7	1	3514,8	1	4002,0	12	4829,3	12
2734,3	1	2868,7	4	3096,3	1	3519,0	1	4006,6	20	4869,2	12
2734,8	1	2872,9	2	3097,9	2	3532,2	1	4023,9	4	4879,3	6
2740,8	2	2875,9	2	3142,0	1	3534,3	2	4040,3	15	4953,9	8
2748,5	3	2877,4	2	3145,8	1	3542,3	1	4044,0	12	4973,7	4
2751,5	1	2879,9	3	3149,2	2	3560,7	12	4047,5	2	5044,0	5
2755,5	2	2881,7	3	3149,9	8	3566,1	8	4054,4	1	5061,0	1
2757,6	1	2885,0	3	3151,6	2	3598,7	15	4068,8	10	5211,5	2
2764,9	1	2887,1	10	3152,9	6	3600,0	3	4082,4	8	5228,0	8
2766,3	1	2892,4	1	3154,4	3	3604,0	8	4152,7	2	5250,0	4
2774,6	6	2894,4	8	3155,3	1	3606,5	2	4159,7	3	5273,7	2
2776,5	12	2895,5	1	3172,3	1	3609,3	15	4164,2	1	5353,5	4
2779,3	1	2896,0	1	3173,0	4	3616,3	2	4174,2	1	5375,9	4
2781,1	1	2911,1	1	3179,3	3	3619,5	6	4194,2	1	5566,7	4
2784,4	3	2914,8	3	3193,2	1	3623,8	2	4213,8	8	5810,5	3
2787,2	3	2915,7	3	3210,8	6	3625,5	2	4221,5	1	5889,2	3
2788,5	5	2921,4	4	3215,2	2	3631,9	4	4234,9	6		
2789,1	1	2922,2	2	3228,6	1	3642,6	10	4265,2	20		
2790,0	2	2924,9	1	3235,4	2	3652,3	8	4277,4	20		
2792,3	3	2931,3	10	3251,4	1	3657,8	3	4289,0	15		

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Biréfringence magnétique des liqueurs mixtes et structure cristalline.* Note de M. **St. Procopiu.**

Dans une Note précédente (1), j'ai montré que la biréfringence électrique des liqueurs mixtes provient de la biréfringence des particules en suspension et que son signe est déterminé par les signes optique et électrique du cristal. J'ai continué cette étude, dans le champ magnétique, avec le même dispositif optique. Le tube, avec la liqueur mixte à étudier, était introduit dans un champ de l'ordre de 2000-5000 gauss.

Comme résultat de ces expériences je donne, dans le Tableau suivant, le signe de la biréfringence magnétique (β_m), en regard du signe optique et magnétique du cristal uniaxe, qui constitue la liqueur mixte. J'ai ajouté le signe électrique du cristal et la biréfringence électrique (β_e) de la liqueur. Dans une dernière colonne est inscrit le liquide, d'indice égal à l'indice moyen du cristal, avec lequel on a constitué la liqueur mixte :

Cristal.	Signe optique.	Signe électrique (2).	β_e.	Signe magnétique (3).	β_m.	Liquide.
Spath	—	—	+	—	+	Alcool benzylique (1,54)
Quartz	+	+	+	—	—	»
Azotate de Na	—	—	+	—	+	»
Zircon	+	—	—	+	+	Sulfure de carbone (1,64)
Sidérose	—	—	+	+	—	»
Tourmaline	—	—	+	—	+	»

Tous les cristaux d'ailleurs donnent des liqueurs biréfringentes dans le champ magnétique. Je n'ai mis pourtant dans le Tableau précédent que des cristaux uniaxes, puisque pour les autres cristaux on n'a pas de données physiques suffisantes.

Le Tableau précédent conduit à la règle suivante :

La biréfringence dans un champ magnétique (ou électrique), d'une liqueur mixte, constituée par une poudre cristalline et un liquide de même indice, sera

---

(1) *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 1172.

(2) On peut désigner comme cristal *électriquement positif*, celui pour lequel la constante diélectrique, dans la direction de l'axe, est plus grande que la constante diélectrique normale à l'axe.

(3) Voir Winkelmann, *Handbuch der Physik*, t. **4** (2), p. 297. Pour la définition du signe, voir plus loin.

positive si les signes optique et magnétique (ou électrique) du cristal sont de même sens; elle sera négative si les signes optique et magnétique sont de sens opposés.

On explique aisément cette règle si la biréfringence est due, d'après la théorie de l'orientation de Cotton et Mouton, à la particule cristalline, orientée d'une certaine manière, dans le champ magnétique. En effet, soit un cristal uniaxe négatif, comme le *spath*. Il est caractérisé par un *ellipsoïde optique* des indices. Le grand axe de cet ellipsoïde, c'est-à-dire la direction du plus grand indice, est selon l'axe optique. Le même cristal est caractérisé par un *ellipsoïde d'aimantation* des susceptibilités magnétiques. Si nous définissons comme *cristal magnétiquement négatif*, tout cristal paramagnétique ou diamagnétique, pour lequel la susceptibilité magnétique, en valeur absolue (pour ne pas faire la distinction entre cristal para- et diamagnétique) selon l'axe, est plus petite que celle normale à l'axe, alors le spath est un cristal magnétiquement négatif et la direction normale à l'axe est celle de plus grande susceptibilité. Or, un cristal anisotrope se place dans un champ magnétique de façon que l'axe de plus grande susceptibilité magnétique (en valeur algébrique) s'oriente parallèlement aux lignes de force. Par suite le spath dirigera son axe optique normalement aux lignes de force. La liqueur mixte, constituée avec le spath, a, *par convention* dans le champ, un axe optique parallèle aux lignes de force. Pourtant sa biréfringence est due au cristal négatif de spath, d'axe optique normal au champ. En lui attribuant un axe optique normal au sien, le spath donnera une biréfringence positive; c'est la biréfringence magnétique constatée pour sa liqueur mixte.

Considérons à présent la *sidérose* (CO^3Fe), qui est optiquement négative, mais magnétiquement positive. Dans ce cas, l'axe optique correspond à la direction du plus grand indice et à la direction de plus grande susceptibilité magnétique; par suite, cet axe va s'orienter, dans le champ magnétique, parallèlement aux lignes de force [1].

L'axe optique de la liqueur mixte, par convention parallèle au champ, correspond dans ce cas à l'axe optique du cristal et le signe de la biréfringence constatée sera celui du cristal, c'est-à-dire négatif. Des raisonnements identiques peuvent être conduits avec les cristaux positifs et la règle précédemment énoncée se vérifie toujours.

---

(1) Voir pour l'orientation des cristaux de spath et de sidérose, dans le champ magnétique, les expériences de M. Cotton, *Symétrie des cristaux* (*Société française de Physique*, 1914, p. 168).

Si les liquides qui constituent la liqueur ont des indices différents de l'indice moyen du cristal, alors intervient la règle que M. Chaudier a énoncée pour la biréfringence électrique, c'est-à-dire que la biréfringence magnétique diminue et peut même changer de signe, lorsque la différence des indices du cristal et du milieu augmente [1].

Comme résultat : la biréfringence magnétique (ou électrique) d'une liqueur mixte dépend des dissymétries optique et magnétique (ou électrique) de la matière cristalline en suspension.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nouvelle révision de la densité du gaz oxygène.* Note de MM. **E. Moles** et **F. Gonzalez**, transmise par M. Charles Moureu.

A la suite d'une révision critique, faite par l'un de nous, de toutes les données relatives à la densité de l'oxygène, nous avons pensé qu'une nouvelle série de déterminations effectuées en variant davantage encore les méthodes de préparation du gaz ne serait pas sans intérêt; la densité de l'oxygène représente, en effet, une constante fondamentale pour toutes les déterminations physico-chimiques de poids atomiques.

Voici les méthodes que nous avons mises en œuvre :

Méthode du permanganate. — Le gaz obtenu est toujours accompagné de traces d'ozone et d'anhydride carbonique. Ce dernier a été attribué à la combustion des poussières organiques contenues dans le sel. Nous avons pu constater que, même en employant un permanganate recristallisé avec soin à l'abri de toute poussière, l'oxygène dégagé contient de l'anhydride carbonique provenant de la décomposition des traces de carbonate retenu par le permanganate. Ce dernier, bien pulvérisé, et même séché dans le vide longtemps à 180°, retient des traces d'humidité, qui ne sont mises en liberté qu'au moment du dégagement du gaz (vers 228°); dans ces conditions il se forme un hydrate de peroxyde de manganèse, qui agit comme un acide sur le carbonate. Cet anhydride carbonique se dégage surtout avec

---

(1) Il convient d'ajouter que le dichroïsme magnétique (ou électrique) suit, lui aussi, une règle générale que voici : *Le dichroïsme passe du positif au négatif, lorsque l'indice du liquide décroît, si la biréfringence de la liqueur est positive; et du négatif au positif, si la biréfringence est négative.* Ceci montre que le signe du dichroïsme est, lui aussi, en relation avec les symétries optique et magnétique (ou électrique) du cristal.

les premières portions d'oxygène. Le gaz a donc été lavé à l'eau de baryte, séché sur la potasse, dirigé à travers un peu de mercure et, finalement, séché sur le pentoxyde de phosphore. Il a été utilisé dans les séries 2, 5, 11, 13, 14, 15 et 18. Dans les séries 14 et 15 le gaz a été en outre liquéfié et purifié par distillation fractionnée.

Méthode du chlorate. — Ce sel, purifié par recristallisation dans l'eau bouillante et chauffé au-dessous de 600°, fournit un gaz extrêmement pur. On a prétendu souvent que l'oxygène de cette provenance est accompagné de produits chlorés. Notre expérience, confirmant celle de Marignac et de Stas, nous permet d'affirmer que ceci n'arrive pas. L'oxygène, purifié par passage sur la potasse, le mercure et le pentoxyde de phosphore, a été utilisé dans les séries 4 et 7.

Méthode de l'oxyde mercurique. — L'oxyde a été légèrement calciné dans l'air pour expulser les dernières traces de composés azotés; il a été ensuite décomposé dans le vide en tube en quartz. Le gaz dégagé, et purifié comme dans la méthode précédente, a été utilisé dans les séries 6 et 8.

Méthode de l'oxyde d'argent. — Ce produit a été préparé par précipitation du nitrate au moyen de l'eau de baryte ou de la potasse. L'oxyde, séparé par filtration et séché dans le vide, retient néanmoins toujours des traces de carbonate. La température initiale de décomposition a été trouvée égale à 300°. Le gaz a été purifié par passage dans l'eau de baryte, la potasse, le mercure et le P^2O^5. Il a été utilisé dans les séries 10, 16 et 17.

Méthode électrolytique. — On a pu effectuer l'électrolyse de l'eau de baryte saturée et exempte de gaz, dans le vide, au moyen d'un dispositif spécial, ce qui a fourni un gaz oxygène dans de très bonnes conditions. La purification, analogue à celle des cas précédents, comporte en plus le passage du gaz sur l'amiante platinée, chauffée à 350°-440°, pour éliminer les traces d'hydrogène. Le gaz purifié a été utilisé dans les séries 19 et 20.

Détermination de la densité. — On a suivi la méthode bien connue des ballons en remplissant trois de ceux-ci simultanément à une pression voisine de 760^{mm} et à 0°. Les précautions de rigueur dans ce genre de mesures ont été observées soit dans les pesées, soit dans les lectures de pression. Nous avons effectué avec succès 16 séries de mesures représentant un ensemble de 45 déterminations isolées. Voici le résumé de ces résultats.

Les valeurs de L_0 sont les moyennes par séries rapportées à 760^{mm}, 0°, au niveau de la mer, et sous la latitude de 45°.

Série.	Numéro des ballons.	Pression.	L_0 corr.	Méthode d'obtention.
2.....	3	756,9	1,42882	permanganate
4.....	3	760,9	1,42849	chlorate
5.....	3	761,1	1,42910	permanganate
6.....	2	753,5	1,42929	oxyde mercurique
7.....	3	763,5	1,42875	chlorate
8.....	3	765,5	1,42905	oxyde mercurique
10.....	3	774,9	1,42869	oxyde d'argent
11.....	2	759,3	1,42913	permanganate
13.....	3	761,5	1,42872	id.
14.....	3	761,1	1,42888	id.
15.....	2	703,6	1,42890	id.
16.....	3	766,8	1,42891	oxyde d'argent
17.....	3	763,5	1,42884	id.
18.....	3	756,9	1,42855	permanganate
19.....	3	776,1	1,42885	électrolyse
20.....	3	755,0	1,42908	id.
	Moyenne générale.....		1,42889	

Voici maintenant les valeurs moyennes correspondant à chaque ballon :

Ballon.	Capacité.	Nombre de déterminations.	L_0.
	ml		
I...........................	793,7	8	1,42870
II...........................	619,4	13	1,42898
III...........................	220,2	16	1,42889
2...........................	647,7	6	1,42887
3...........................	580,5	2	1,42905
	Moyenne par ballon..........		1,42890

Si l'on groupe les mesures par méthodes de préparation du gaz oxygène, on obtient les valeurs moyennes que voici :

Méthode.	Nombre de déterminations.	L_0 moyen.	$\Delta \times 10^{-5}$.
Permanganate	19	1,42886	−0,14
Chlorate	6	1,42862	−1,9
Oxyde mercurique	5	1,42915	+1,8
Oxyde d'argent	9	1,42891	+0,1
Électrolyse..............	6	1,42897	+0,4

En présence de ces résultats, toute cause d'erreur systématique semble éliminée. Les écarts sont du *même ordre exactement* que pour les mesures bien connues de Morley, et pourtant nous avons utilisé 5 ballons dont la capacité était plus de 30 fois plus petite que celle des ballons employés par cet habile expérimentateur. On voit une fois de plus que l'emploi de

ballons de grande capacité ne comporte pas d'avantage pour la précision des résultats; par contre, la manœuvre devient beaucoup plus difficile.

La valeur moyenne de nos 45 mesures est $\frac{1}{10000}$ plus faible que celle acceptée jusqu'à présent comme étant la plus probable, soit $L_0 = 1,42905$. Par contre, elle concorde avec la moyenne des 170 mesures différentes, effectuées avant nous par dix auteurs différents et recalculées de façon uniforme par l'un de nous :

$$L_0 = 1,42891.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation d'un pétrole à l'aide d'une huile végétale.* Note de M. **Alphonse Mailhe.**

On sait que les huiles grasses ne peuvent être distillées à la pression ordinaire sans se décomposer partiellement. J'ai pensé qu'il serait possible d'effectuer leur destruction d'une manière plus profonde au contact de catalyseurs mixtes à la fois déshydratants et déshydrogénants, à une température de 550° à 650°. On peut se servir avantageusement à cet effet de cuivre électrolytique associé à de la magnésie, de l'alumine ou du kaolin. Le mélange est aggloméré en boules à l'aide d'un agglutinant. Ces boules sont chauffées dans un tube de cuivre. Par l'une des extrémités on fait arriver de l'*huile de lin*, à l'aide d'un tube capillaire. Les vapeurs, traversant la masse du catalyseur, donnent lieu à deux sortes de produits, les uns *liquides*, faciles à condenser, les autres *gazeux*, que l'on peut recueillir dans un gazomètre.

Les *produits liquides* ont une couleur brun acajou, une odeur forte et une réaction acide. Par distillation on peut en séparer d'abord une portion importante bouillant jusqu'à 150°, puis une seconde fraction allant jusqu'à 220°. Le résidu est passé sur le catalyseur, ce qui permet d'obtenir une nouvelle quantité de produits distillant jusqu'à 250°. Cette opération est renouvelée jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'un peu de produits visqueux.

La fraction 70°-150° est traitée à la soude diluée et à l'eau pour la neutraliser.

Elle fournit ainsi un liquide jaune clair, à odeur âcre, chauffant fortement avec l'acide sulfurique. Sous cette forme, son étude ne m'a pas paru intéressante. Aussi je l'ai soumis à l'hydrogénation sur le nickel à 180°. Il s'est transformé en un liquide incolore, inflammable, à odeur très agréable, ne donnant plus qu'une légère coloration ambrée avec l'acide sulfurique.

Par un fractionnement soigné, on n'arrive pas à obtenir des maximums

nets. Les différentes fractions sont formées exclusivement de carbures d'hydrogène; mais leurs densités sont beaucoup plus élevées que celles des hydrocarbures forméniques. C'est ainsi, par exemple, que la portion bouillant de 100° à 105°, aurait une densité $D_{20°} = 0,6840$ si elle ne renfermait que de *l'heptane*. Or, la densité trouvée a été $D_{21°} = 0,7655$. Elle ne peut correspondre qu'à la présence d'hydrocarbures aromatiques. J'ai essayé de nitrer cette fraction. Plus de la moitié du produit a été changé en dérivés nitrés, formés par de la *nitrobenzine*, caractérisée par sa transformation en *aniline* et par du *dinitrotoluène*-2.4 (F. 70°).

La portion du liquide 100°-105°, qui a résisté à la nitration, a encore une densité $D_{20°} = 0,7274$. Son odeur agréable rappelle celle des produits *cycloforméniques*. Lorsqu'on dirige ses vapeurs sur du nickel à 350°, il se dégage de l'hydrogène et l'on obtient de la *benzine* qui a été transformée par le mélange sulfonitrique en *di*- et *trinitrobenzines*. Après avoir enlevé par cette opération une partie de cyclohexane et sans doute de méthylcyclohexane, le liquide restant n'avait plus qu'une densité $D_{20°} = 0,7040$, qui se rapproche de celle de l'heptane.

Toutes les fractions du produit hydrogéné se laissent également nitrer et j'ai pu identifier le *métaxylène* dans les portions bouillant de 135° à 145°.

Des résultats semblables sont obtenus avec la portion liquide 150°-250°, qui, après neutralisation, hydrogénation sur nickel et rectification, fournit des fractions importantes qui se nitrent partiellement.

Il résulte de là que la décomposition catalytique de *l'huile de lin*, sur cuivre-magnésie, suivie d'une hydrogénation sur nickel des produits les plus volatils, a eu pour effet de *produire des hydrocarbures aromatiques*. Il y a eu *cyclisation de la chaîne grasse*, et comme les produits cycliques ainsi obtenus sont dépourvus de soufre, on a pu atteindre le *cyclohexane* et ses dérivés.

On voit que ce procédé catalytique permet d'arriver, à partir d'une huile végétale, à la préparation d'*essence* et de *pétrole lampant*, de *nature mixte*, pouvant être utilisés comme carburants.

Densité de l'essence...........	$D_{23°} = 0,7607$
Densité du pétrole............	$D_{21°} = 0,8644$

Ils sont solubles dans l'alcool en toutes proportions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la vitesse de réaction dans les hydrogénations par le noir de platine.* Note de M. **G. Vavon**, transmise par M. A. Haller.

Quand on hydrogène un corps, à l'aide du noir de platine, par agitation dans une atmosphère d'hydrogène, on suit facilement la réaction par une simple lecture du volume de gaz absorbé. Le volume absorbé pendant l'unité de temps représente ce qu'on peut appeler *la vitesse globale* de la réaction à chaque instant de l'expérience.

Le plus souvent, quand on hydrogène un corps unique susceptible de fixer une seule molécule d'hydrogène, cette vitesse globale diminue du début à la fin de l'expérience, sans que toutefois cette variation de vitesse soit due à la variation de la concentration du corps à hydrogéner. Il faut en chercher la cause principale dans le fait que le catalyseur ne reste pas comparable à lui-même, qu'il se fatigue au cours de l'expérience (fatigue rapide avec les aldéhydes et les cétones, lente avec les carbures et acides éthyléniques).

Dans le cas où cette fatigue du catalyseur est faible, la *vitesse globale peut être constante ou du moins peu variable du début à la fin de l'expérience.* J'ai signalé ce fait autrefois, à propos de l'hydrogénation de quelques terpènes ([1]).

Cas d'un mélange de deux corps C *et* C′ *fixant chacun une molécule d'hydrogène.* — Pour simplifier, envisageons le cas limite où les deux corps s'hydrogènent l'un après l'autre, C d'abord, C′ ensuite, chacun d'eux avec une vitesse globale constante.

Trois cas peuvent se présenter :

a. La vitesse d'absorption de l'hydrogène est constante pendant toute l'expérience.

b. La vitesse constante, pendant que C s'hydrogène, diminue brusquement quand C′ commence à s'hydrogéner et conserve une nouvelle valeur constante jusqu'à la fin.

[Dans ces deux cas, rentrent les mélanges : limonène + carvomenthène, carvone + carvotanacétone, benzylidène-acétone + benzylacétone, etc. ([2]).]

c. La vitesse constante, pendant que C s'hydrogène, *augmente brusquement quand* C′ *commence à s'hydrogéner.*

([1]) *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 997.

([2]) Vavon, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1675; *Thèse de doctorat*, 1913, Université de Paris, p. 70, 77, 80, 89.

Le corps C, qui s'hydrogène le *premier,* s'hydrogène *lentement.*

Le corps C', qui s'hydrogène le *second,* s'hydrogène *plus vite.*

Dans cette Note, je donnerai quelques exemples de ce dernier cas qui, à première vue, semble assez inattendu.

Remarque. — J'ai, pour simplifier, supposé les deux corps s'hydrogénant rigoureusement l'un après l'autre; si cette condition n'est qu'approchée, la vitesse, au lieu d'une augmentation brusque, présentera une augmentation progressive dans un certain intervalle de temps.

Enfin, si la fatigue du platine n'est pas négligeable, aux variations précédentes se superposera une diminution graduelle de la vitesse.

Dans le Tableau ci-dessous se trouvent les résultats de quelques expériences, montrant, à des degrés divers de netteté, cette augmentation dans la vitesse globale au cours de la réaction.

Dans la première ligne, figurent les volumes d'hydrogène exprimés en décilitres. Dans les lignes suivantes, les temps en minutes pour absorber 3 décilitres, soit des nombres inversement proportionnels aux vitesses.

I. Acide cinnamique, 6g; carvomenthène, 6g; acétate d'éthyle, 100g; platine, 2g.

II. Acide cinnamique, 8g; α-pinène, 8g; acétate d'éthyle, 100g; platine, 2g.

III. Acide maléique, 5g; carvomenthène, 8g; alcool, 200g; platine, 0g,6.

IV. Acide maléique, 5g; α-pinène, 10g; alcool, 200g; platine, 1g.

V. Acide fumarique, 5g; α-pinène, 6g; alcool, 100g; acétate d'éthyle, 100g; platine, 2g.

Dans ces réactions, le carvomenthène donne du menthane, le pinène du pinane, les acides maléique et fumarique de l'acide succinique, l'acide cinnamique donne de l'acide hydrocinnamique, et, si l'on poursuit l'opération, le noyau s'hydrogène; mais cette dernière réaction est très lente et n'est qu'amorcée dans le Tableau :

	0.	2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	24.	26.	28.	30.	32.
I....	4	5	5	5,5	6,5	6	6	3,5	1	1	1	1	35	»	»	»	»
II...	5	5,5	5,5	6	5,5	5,5	5,5	6	5,5	4	2	1,5	1,5	2	6	21	»
III..	15	18	22	24	27	28	20	15	13	9	7	6	7	»	»	»	»
IV...	7	6,5	6,5	7	8	8,5	5	3,5	3	2,5	2	2	2,5	14	»	»	»
V...	21	22	24	27	29	30	23	11	11	13	23	»	»	»	»	»	»

Dans les exemples précédents, *le rôle du solvant est capital :* ainsi le mélange acide cinnamique + α-pinène, qui présente l'accroissement de vitesse dans l'acétate d'éthyle ou l'éther, *ne le donne ni dans l'alcool ni dans l'acide acétique.*

En dehors de ces exemples, j'ai expérimenté une trentaine de mélanges d'autres corps, dont aucun n'a présenté d'augmentation dans la vitesse.

Interprétation. — Quel que soit le mécanisme de la catalyse par le noir

de platine, on peut envisager trois phases dans la réaction au moment de sa marche normale :

α. L'hydrogène se dissout et arrive au catalyseur;

β. Le corps à hydrogéner C se diffuse, atteint le catalyseur, réagit sur l'hydrogène;

γ. *Le corps formé* U + H^2 *quitte la surface du catalyseur et se diffuse dans la masse du solvant.*

(La vitesse globale de la réaction dépend de celle des trois phases. Le partage de l'hydrogène entre deux corps C et C' mis en présence ne dépend que des phases β et β' correspondant aux deux corps C et C'.)

Examinons le cas où la phase γ s'accomplit très lentement : au bout de quelques instants, le solvant, qui était au voisinage immédiat de chaque particule de catalyseur, sera remplacé par le corps C + H^2; la catalyse se fera dans un nouveau milieu et pourra, par suite, être beaucoup plus lente, les phases α et β se trouvant ralenties l'une et l'autre.

Ainsi, considérons le mélange acide maléique + pinène. La phase β est beaucoup plus rapide pour l'acide maléique que pour le pinène : l'acide maléique s'hydrogène le premier (ce qu'on peut vérifier par la mesure du pouvoir rotatoire).

La phase γ est lente pour l'acide maléique, le catalyseur reste entouré d'acide succinique qui ralentit la réaction; quand l'acide maléique a disparu, l'acide succinique disparaît lui-même peu à peu par diffusion et se trouve remplacé par l'acétate d'éthyle ou par le pinane, milieux plus favorables à la catalyse. La vitesse globale de la réaction peut alors augmenter.

Des faits précédents résulte que la rapidité avec laquelle le corps formé quitte le catalyseur peut jouer un rôle capital dans la vitesse globale de réaction.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse et déshydratation de l'éthylpropylphénylcarbinol.* Note de M. **Vartkès Yéramian**, transmise par M. A. Haller.

Nous savons, d'après les travaux de M. Auguste Klages, que lorsqu'on fait agir les composés organo-halogéno-magnésiens sur les cétones mixtes de la forme R — CO — C^6H^5, on obtient finalement des alcools tertiaires qui par déshydratation donnent naissance à des carbures éthyléniques.

C'est ainsi qu'en faisant agir l'iodure de propylmagnésium sur l'acéto-

phénone, cet auteur a préparé le méthylpropylphénylcarbinol :

$$CH^3-CO-C^6H^5+CH^3-CH^2-CH^2-Mg-I \rightarrow CH^3-\underset{\underset{\underset{MgI}{|}}{\underset{O}{|}}}{C}\begin{matrix}\diagup C^6H^5 \\ \diagdown CH^2-CH^2-CH^3\end{matrix}$$

$$CH^3-\underset{\underset{\underset{\boxed{MgI+HO}-H}{|}}{\underset{O}{|}}}{C}\begin{matrix}\diagup C^6H^5 \\ \diagdown CH^2-CH^2-CH^3\end{matrix} \rightarrow CH^3-C(OH)\begin{matrix}\diagup C^6H^5 \\ \diagdown CH^2-CH^2-CH^3\end{matrix}$$

Nous avons appliqué la même réaction à la propylphénylcétone que nous avons versée goutte à goutte sur le bromure d'éthylmagnésium en solution éthérée. La réaction a été vive et, après l'addition de toute la cétone, le contenu du ballon s'est pris en masse.

Avant de décomposer cette masse par l'eau, nous avons d'abord commencé par refroidir fortement le ballon en le plongeant jusqu'au col dans un mélange réfrigérant. Quand tout a été bien froid, nous avons laissé tomber par petites portions de la glace dans le ballon tout en agitant celui-ci et avons décanté la solution éthérée après deux lavages successifs; nous avons enfin chassé l'éther après avoir séché la solution sur du sulfate de sodium et nous avons distillé le produit brut dans le vide.

Au cours de cette première distillation, nous avons recueilli une seule portion importante qui a passé à 132° sous la pression de 25^{mm} de mercure. L'analyse de cette portion a donné des chiffres correspondant à la formule $C^{12}H^{18}O$ qui est celle de l'éthylpropylphénylcarbinol :

$$CH^3-CH^2-CH^2-C(OH)\begin{matrix}\diagup C^6H^5 \\ \diagdown CH^2-CH^3\end{matrix}.$$

Nous avons essayé de faire la phényluréthane de cet alcool, mais nous n'avons obtenu que de la diphénylurée malgré l'absence de toute trace d'humidité. Cela tient sans doute à ce que notre alcool tertiaire se déshydrate trop facilement avec formation d'un carbure éthylénique.

En effet, il nous a suffi de distiller le produit brut primitif sous la pression atmosphérique, au lieu d'opérer dans le vide, pour entendre de petites explosions suivies d'un dépôt de gouttelettes d'eau sur les parois intérieures de l'appareil. Mais c'est là une déshydratation partielle de l'éthylpropylphénylcarbinol : pour réaliser sa déshydratation totale, nous avons dû faire passer ses vapeurs sur de la terre d'infusoire chauffée au rouge sombre.

Le résultat final de cette opération fut l'obtention d'une importante portion de

liquide qui a passé à 216° sous la pression ordinaire. L'analyse de ce liquide a donné des chiffres conduisant au corps $C^{12}H^{16}$. Ce composé possède l'odeur des carbures non saturés; il décolore l'eau de brome comme le font les composés non saturés; enfin nous avons essayé de préparer le nitrosate de ce carbure (¹) et avons obtenu des cristaux que nous avons recueillis sur filtre, mais il nous a été impossible de les conserver à la température ordinaire, leur point de fusion étant probablement trop bas.

Ces résultats ne nous renseignent en rien sur la constitution de notre carbure, car la déshydratation de l'alcool tertiaire pourrait se faire de deux manières et donner, par conséquent, naissance à deux carbures de constitution différente :

$$CH^3-CH^2-CH^2-C(OH)\begin{cases}C^6H^5\\CH^2-CH^3\end{cases} \rightarrow CH^3-CH^2-CH=C\begin{cases}C^6H^5\\CH^2-CH^3\end{cases} \quad (1).$$

$$CH^3-CH^2-CH^2-C(OH)\begin{cases}C^6H^5\\CH^2-CH^3\end{cases} \rightarrow CH^3-CH^2-CH^2-C\begin{cases}C^6H^5\\CH-CH^3\end{cases} \quad (2).$$

Pour déterminer la place de la double liaison dans la molécule du carbure isolé, nous avons fait l'oxydation de ce carbure au moyen de l'acide chromique en solution acétique.

Nous avons pris un mélange de trois parties en poids d'acide acétique cristallisable et d'une partie d'eau distillée; nous avons additionné ensuite ce mélange à la quantité théorique d'acide chromique (par exemple 25g,12 de CrO^3 pour 20g de carbure) de façon que l'oxydation donne naissance à de l'acide propionique et à de l'éthylphénylcétone si la substance oxydée répond à la formule (1), ou bien à de l'acide acétique et à de la propylphénylcétone si cette substance possède la formule (2).

Or, le produit principal de cette oxydation chromique fut l'éthylphénylcétone que nous avons caractérisée par sa semi-carbazone fondant à 175°. Nous pourrons donc en conclure qu'une partie au moins du carbure oxydé répond à la formule suivante :

$$CH^3-CH^2-CH=C\begin{cases}C^6H^5\\CH^2-CH^3\end{cases},$$

c'est-à-dire à du phényl-3-hexène-3.

(¹) A 5g de notre carbure, nous avons ajouté 4g de nitrite d'amyle et 2cm³ d'acide acétique cristallisable; puis 3g,5 d'acide azotique brut ($d=1,395$) goutte à goutte, en refroidissant et en agitant. Quand cette addition d'acide azotique fut terminée, nous avons abandonné le mélange à lui-même dans de la glace : Le nitrosate du phénylhexène s'est séparé au bout de quelque temps en fines aiguilles enchevêtrées.

BOTANIQUE. — *De l'état de la chlorophylle dans les plastes.* Note de M. V. **Lubimenko**, présentée par M. Gaston Bonnier [1].

Le progrès remarquable dans la chimie récente de la chlorophylle a augmenté l'intérêt de la question qui se pose au sujet de son état dans les plastes des tissus vivants.

Il était surtout intéressant d'éclaircir les causes d'inactivité de la chlorophylle pure, obtenue par les méthodes chimiques nouvelles. Comme on le sait, le pigment, obtenu et analysé par les chimistes, est inactif au point de vue des réactions de la photosynthèse.

En supposant que la cause principale de cette inactivité soit la transformation du pigment pendant son extraction du tissu, nous avons entrepris des recherches spéciales pour élucider cette question.

Comparant les spectres d'absorption des feuilles vivantes de diverses plantes avec ceux des chlorophylles *a* et *b* en solution colloïdale, nous avons trouvé une différence sensible dans la partie la plus réfrangible du spectre. Nous avons constaté aussi, par une série d'expériences, que le traitement du tisssu vivant par divers dissolvants, coagulant les substances protéiques des plastes, fait changer sensiblement les qualités optiques du pigment vert.

Pour obtenir une solution du pigment, identique, au point de vue de ses qualités d'absorption, aux plastes du tissu vivant, il ne nous restait qu'un seul moyen, c'était d'extraire la chlorophylle par l'eau pure. L'expérience nous a montré que, dans la plupart des cas, les feuilles vivantes broyées dans un mortier avec de l'eau, cèdent à cette dernière une plus ou moins grande partie de pigment vert. Mais la solution aqueuse ainsi obtenue n'est pas stable; après la filtration, le pigment commence à se coaguler plus ou moins rapidement. Plusieurs espèces de plantes ne cèdent pas du tout de pigment à l'eau, car la coagulation commence au moment de la mort des cellules et se produit trop rapidement.

En continuant nos expériences, nous avons enfin trouvé une plante dont le pigment peut être extrait complètement par l'eau.

Cette plante est l'*Aspidistra elatior*. En broyant ses feuilles dans un mortier, on peut extraire la chlorophylle par l'eau aussi complètement que par l'alcool ou l'acétone. Après la filtration préalable par le papier-filtre ordinaire, nous filtrons sous pression à l'aide du filtre d'amiante; la solution est

[1] Ce travail a été fait à Pétrograd, au printemps 1921, et a été remis par un ami de M. Lubimenko échappé de Russie. (Gaston Bonnier.)

ainsi traitée deux ou trois fois, et nous obtenons à la fin de l'expérience un liquide parfaitement transparent.

La solution aqueuse de la chorophylle, préparée de cette manière, possède une couleur verte tout à fait identique à celle de la feuille vivante, et son spectre d'absorption répète dans tous les détails le spectre de la feuille.

La solution ne change pas de couleur à la lumière diffuse du jour pendant des mois, et même les rayons directs du soleil ne l'altèrent pas pendant très longtemps; elle est beaucoup plus résistante à l'action des acides minéraux et organiques par comparaison avec l'extrait alcoolique du pigment.

En ajoutant à la solution aqueuse de l'alcool éthylique ou méthylique, ou de l'acétone, on peut obtenir le pigment sous forme de précipité tout à fait semblable à celui des substances protéiques; le précipité conserve la couleur verte, et la chlorophylle ne commence à se dissoudre qu'au moment où la concentration des alcools mentionnés ou d'acétone dépasse 50 pour 100. On obtient le même précipité vert en traitant la solution aqueuse par le tanin ou l'hydrate de baryum. Après l'ébullition, la solution change sa couleur et passe du vert pur au vert bleuâtre, et elle perd sa transparence, sans donner de précipité.

Nous avons constaté aussi que le pigment perd sa résistance à l'action des acides par tous les moyens qui font coaguler les substances protéiques.

Une autre série d'expériences nous a montré que les alcools éthylique et méthylique réagissent directement sur la chlorophylle séparée des substances protéiques et donnent un certain nombre de produits différents suivant leur concentration.

On obtient ces dérivés de la chlorophylle en diluant par l'eau l'extrait alcoolique du pigment préparé des feuilles vivantes ou desséchées. En employant l'alcool méthylique absolu et en diluant l'extrait jusqu'à 80°-85° pour 100 par l'addition d'eau, on peut précipiter toute la matière verte sous forme de cristaux très mous mais bien formés et luisant de rayons verts à la lumière polarisée. La forme cristalline du précipité vert ne se conserve que dans le liquide; après la filtration, les cristaux prennent la forme d'une masse homogène rappelant la cire molle.

La quantité et la qualité du précipité des pigments verts et jaunes varie beaucoup suivant la quantité d'eau additionnée à l'extrait alcoolique. La réaction paraît être très compliquée; elle s'accomplit avec le concours de chlorophyllase probablement très répandue chez les végétaux supérieurs.

On sait que les alcools éthylique et méthylique remplacent le phytol et donnent des produits cristallisés connus sous les noms d'*éthyl-* et *méthyl-chlorophyllides*. Les dérivés que nous obtenons par l'addition d'eau à l'extrait

alcoolique du pigment diffèrent sensiblement des chlorophyllides mentionnés, ce qui donne à penser que l'action des alcools sur la chlorophylle est beaucoup plus compliquée.

D'après les résultats de toutes nos expériences, on peut tirer la conclusion que la chlorophylle est intimement liée à des substances protéiques des plastes et que cette liaison est probablement de nature chimique. Il est très vraisemblable aussi que les chloroplastes de couleur verte normale ne renferment qu'un seul pigment vert qui se décompose très facilement sous l'action de tous les agents qui font coaguler les substances protéiques en les altérant seulement. Cette décomposition du pigment naturel se manifeste par un changement plus ou moins grand de ses qualités optiques et de son spectre d'absorption. Les chlorophylles *a* et *b* ainsi qu'une série des pigments jaunes variables ne sont probablement que les dérivés d'une seule matière verte primitive. Si l'on juge d'après les spectres d'absorption, cette matière primitive n'est pas la même chez toutes les plantes vertes. Nos recherches sur les spectres d'absorption des feuilles vivantes ont montré que les diverses espèces varient beaucoup à ce point de vue, et il est très vraisemblable que ces variations optiques sont dues à des variations chimique sdes substances protéiques auxquelles est lié le pigment vert.

CYTOLOGIE. — *Les inclusions cristallines des éléocytes de* Nereis *et leurs relations avec la granulation éosinophile.* Note [1] de M. **Marc Romieu**, transmise par M. Ed. Perrier.

J'ai décrit dans le liquide cœlomique de *Perinereis cultrifera* [2] l'existence d'*éléocytes*, c'est-à-dire de leucocytes à surcharge graisseuse jouant très probablement un rôle nourricier dans le développement des éléments génitaux. J'ai montré qu'on trouvait à côté des gouttelettes de graisse des sphérules oxyphiles déjà signalées par A. Dehorne chez *Nereilepas fucata* [3]. J'ai de plus indiqué ce fait, non encore décrit à ma connaissance, que les sphérules éosinophiles étaient accompagnées et presque toujours remplacées chez *Perinereis* dans les éléocytes les plus âgés par des inclusions cristallines absolument constantes.

---

[1] Séance du 1er août 1921.

[2] Marc Romieu, *Observations cytologiques sur les leucocytes de* Perinereis cultrifera *Grube* (*C. R. Assoc. Anatomistes*, Paris, 1921); *Sur les éléocytes de* Perinereis cultrifera (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 246).

[3] A. Dehorne, *Sur le corps graisseux de* Nereilepas fucata (*C. R. Assoc. fr. Av. Sc.*, 43e session, Le Havre, 1914).

Ces cristaux sont visibles sur le vivant et après l'action des fixateurs les plus divers, et c'est sur les formes atoques sexuées que je les ai étudiés. Bien fixés, ils se présentent tout d'abord, lorsqu'ils sont encore de très petite taille, entre 2^{μ} et 5^{μ}, comme de minuscules octaèdres de forme très régulière. Puis on les voit grandir et prendre l'aspect de fuseaux plus ou moins allongés ou ventrus et leur taille peut arriver à atteindre le diamètre des éléments où ils se trouvent contenus (40^{μ} à 50^{μ}). La forme d'octaèdres réguliers ou celle de fuseaux ne sont pas les seules qui puissent se rencontrer. On peut trouver à côté dans le même élément, mais plus rarement il est vrai, des formes géométriques en parallélépipèdes, des tables hexagonales, des prismes, des bâtonnets présentant les mêmes réactions.

Ces cristaux susceptibles de se gonfler et de se déformer, même dans les conditions naturelles, répondent sans nul doute à ce qu'on appelle habituellement d'un mot fâcheux des *cristalloïdes*. Ils rappellent ceux qui ont été signalés par Cuénot dans le sang d'une chenille de *Cossus ligniperda* et par Hollande dans les cellules adipeuses de *Vanessa*. Ils me paraissent se rapprocher aussi des *inclusions érythrophiles* sphériques ou fusiformes que Marcel Prenant a décrites dans le parenchyme des Triclades au cours d'un important travail encore inédit. La parenté des « corps en fuseaux » de *Nereis* avec les rhabdites des Turbellariés me semble évidente.

Par leurs réactions microchimiques, les cristaux des éléocytes de *Nereis* me sont apparus comme formés d'une substance albuminoïde. Ils m'ont donné la réaction xanthoprotéique et la coloration jaune par l'iode. Les réactions colorantes que j'ai étudiées minutieusement ne font que confirmer cette manière de voir. J'ai toujours observé une acidophilie très marquée. Les cristaux se colorent en effet très vivement en rose brillant par l'éosine, en rouge cuivré par le triacide, en rose par les colorants neutres à base d'éosinates, de la même façon que les sphérules des éléocytes et que les granulations des petits granulocytes que j'ai décrits chez *Perinereis*. J'ai vu aussi leur électivité marquée pour la safranine et pour l'hématoxyline au fer.

Il n'est pas douteux que les cristaux sont formés de la même substance que les masses éosinophiles sphériques ou mûriformes contenues dans les mêmes cellules.

Les réactions microchimiques ou de coloration sont superposables et les inclusions cristallines seraient simplement une forme cristallisée de la *substance éosinophile*. Cette cristallisation peut d'ailleurs être très précoce et se produit souvent alors que la substance éosinophile est à l'état de simple granulation, mais elle peut se produire aussi à l'intérieur des *sphérules*

devenues parfois très volumineuses et présentant les caractères des corps décrits sous le nom de *corps de Russell* dans les plasmazellen des Mammifères.

La cristallisation de la substance éosinophile n'a rien du reste qui doive surprendre. Elle a été signalée déjà par Ehrlich qui parle des granulations α en octaèdres. On sait de plus que la Torpille et les Sauropsidés ont des granulations éosinophiles en aiguilles cristallines fusiformes. Mlle Dantschakoff et M. Kollmann (¹) ont vu la transformation directe des granulations arrondies en cristaux chez les Oiseaux, et ce dernier a rencontré des leucocytes présentant à la fois des granulations et des cristalloïdes. De même G. Dubreuil et M. Fabre (²) ont montré les relations qui existent entre les granulations oxyphiles et les corps de Russell des plasmazellen et décrit la cristallisation de la substance hyaline éosinophile de ces corps.

S'il est prouvé, comme je le pense, que les éléocytes sont des granulocytes transformés, les sphérules éosinophiles sont simplement le produit d'accroissement des grains éosinophiles suivant une loi commune aux grains de sécrétion. J'ai vu, en effet, chez les éléocytes jeunes les sphérules éosinophiles en voie d'accroissement entourées d'une véritable coque osmiophile et j'ai eu des figures très nettes de *corps en demi-lunes*. Cette observation, si la filiation est démontrée avec les petits granulocytes, viendrait jeter quelque lumière sur la question encore si obscure de l'origine des granulations éosinophiles qui seraient par conséquent le résultat d'une vraie sécrétion.

Des observations qui précèdent et de celles que j'ai faites sur *Perinereis* il ressort que la substance éosinophile peut se montrer sous une forme cristallisée et je crois qu'on peut affirmer que granulations oxyphiles, sphérules et cristaux représentent trois états d'une seule et même substance. La forme cristalline répondrait à une forme spéciale de la sécrétion éosinophile apparaissant dans des conditions déterminées. Marcel Prenant a montré par une analyse chimique *in vitro* la parenté étroite de la composition de rhabdites et des granulations éosinophiles, et l'on peut parler avec cet auteur d'*une fonction éosinophile*, fonction qui n'est du reste pas forcément remplie par les granulocytes, par exemple chez les Turbellariés qui en sont dépourvus.

Les inclusions cristallines des éléocytes de *Nereis* apparaissent donc en relation étroite avec la granulation oxyphile. Que l'éléocyte dérive ou non

(¹) MAX KOLLMANN, *Observations sur les leucocytes granuleux des Sauropsidés* (*Ann. des Sc. nat. Zool.*, 9ᵉ série, t. 15, 1912, p. 43-79).

(²) G. DUBREUIL et M. FABRE, *C. R. Soc. Biologie*, t. 77, 1914, nᵒˢ 20, 21, 24, 25 et 26.

du *granulocyte vacuolaire*, un fait est certain, c'est que l'éléocyte jeune présente des granulations très fines situées autour du noyau et qui ont tous les caractères des granulations α d'Ehrlich. J'ai vu ces granulations se développer à la façon de véritables grains de secrétion et devenir des sphérules éosinophiles ou des cristaux en forme d'octaèdres ou de rhabdites qui représentent très probablement une substance de réserve pour la nutrition des éléments génitaux, car nous n'en sommes plus à penser avec Claparède que les cellules chargées de graisse des Néréidiens sont les cellules mères de ces éléments.

MICROBIOLOGIE. — *Les feuillets embryonnaires en rapport avec les microorganismes pathogènes.* Note de M. C. **Levaditi**, présentée par M. Roux.

Des recherches concernant les *ultravirus neurotropes* (groupe encéphalitique, rage, poliomyélite, vaccine) [1] nous ont suggéré l'idée que *les feuillets embryonnaires ectodermique et mésodermique sont en rapport intime avec les propriétés générales et la virulence des microorganismes pathogènes.* Des relations étroites paraissent exister entre l'affinité de ces microorganismes pour les tissus des vertébrés et les feuillets embryonnaires d'où ces tissus dérivent. Il s'agirait là d'un principe général, comportant cependant certaines exceptions et que nous désirons exposer dans la présente Note, au moins à titre d'hypothèse.

Envisageons d'une part, le mésoderme d'où dérivent le tissu cellulaire sous-cutané et interstitiel, l'appareil lymphatique, le sang et les organes hématopoïétiques, bref, l'ensemble des éléments mésodermiques de l'organisme; d'autre part, l'*ectoderme*, représenté par l'épiderme, la cornée, la muqueuse buccale et naso-pharyngée, ainsi que le *système nerveux* (central et périphérique, organes sensoriels).

Quand nous considérons l'ensemble des divers microorganismes pathogènes, il nous paraît qu'ils peuvent se diviser en deux groupes :

a. Ceux qui offrent *des affinités pour le mésoderme* et sont capables de provoquer l'inflammation et la suppuration du tissu conjonctif, les septicémies, les infections du système lymphatique et hématopoïétique;

b. Ceux qui présentent *des affinités pour l'ectoderme* et engendrent les

(1) Levaditi, *C. R. Soc. de Biologie*, séance du 23 juillet 1921.

infections des épithéliums, soit de la peau (exanthèmes, papulo-pustules) et de la cornée (vésico-pustules), soit du système nerveux (encéphalites, poliomyélites).

Examinons les propriétés générales de ces deux groupes de microorganismes. Nous constatons qu'à peu d'exceptions près, ceux qui appartiennent à la première catégorie sont des germes visibles, en grande majorité cultivables sur les milieux artificiels, et qui font partie soit des bactéries et des champignons, soit des spirilles et des protozoaires. Par contre, ceux qui appartiennent à la seconde catégorie sont, en général, des virus invisibles, plus ou moins filtrants, qui n'ont pas été cultivés et qui paraissent être des parasites obligatoires des cellules vivantes (épithéliums).

Il en résulte *que les infections du mésoderme*, les *mésodermoses* (¹), *sont engendrées, en général, par des bactéries, des champignons, des spirilles ou des protozoaires, tandis que les infections de l'ectoderme*, les *ectodermoses, sont provoquées par des virus dont la plupart sont des virus filtrants et invisibles*.

En voici des exemples :

I. *Mésodermoses.* — Microbes des suppurations (staphylocoque, streptocoque, méningocoque, gonocoque), pneumocoque, pasteurelloses et microbes des septicémies, charbon, choléra, groupe thypo-parathypique, B. dysentérique, morve, les anaérobies, B. tuberculeux, B. lépreux, B. diphtérique, les protozoaires en général (²), les spirilloses, la péripneumonie des bovidés (³), etc. Si certains de ces microbes s'attaquent au système nerveux (ectoderme), c'est par les toxines qu'ils élaborent, plus que par infection proprement dite de l'axe cérébro-spinal (tétanos, botulisme, diphtérie).

II. *a. Ectodermoses.* — Fièvre à pappataci-dengue (exanthème), maladies éruptives [rougeole, scarlatine, roubéole, variole, varicelle (⁴)], trachome, *Molluscum contagiosum*, Verruga péruvienne, F. aphteuse, clavelée, variole du pigeon, typhus exanthématique (présence des *Rickettsia* dans les épithéliums intestinaux du poux infecté).

b. Ectodermoses neurotropes. — Groupe encéphalitique (herpès, encéphalite, rage, poliomyélite, maladies des chiens, vaccine (⁵).

(¹) C. Levaditi, *C. R. Soc. de Biologie*, séance du 23 juillet 1921

(²) Excepté les *coccidies*, dont une partie du cycle évolutif se passe dans les cellules épithéliales.

(³) Microbe filtrant, mais visible et cultivable.

(⁴) Pour certaines de ces maladies, la nature filtrante du virus paraît déterminée.

(⁵) Les virus de la vaccine et de l'encéphalite se cultivent cependant dans le *testicule*, qui est du mésoderme. Le tissu testiculaire, représentant le plasma germinatif, occupe une place à part. Il permet indifféremment la culture de germes appartenant soit aux mésodermoses, soit aux ectodermoses (tuberculose, gonocoque, morve, syphilis, vaccine, encéphalite).

Paraissent faire exception : le sarcome de Russ, la leucémie des poules et la peste aviaire, qui, pour l'instant, semblent être des maladies provoquées par des virus filtrants à localisation conjonctive et hématopoïétique.

Le *Treponema pallidum* occupe une place à part: il s'attaque aussi bien à l'ectoderme, peau et muqueuses (*variété dermotrope*), système nerveux (*variété neurotrope*), qu'au mésoderme (système vasculaire et lymphatique). Il semble en être de même du Spirochète de l'*ictère hémorragique*, qui pénètre dans les cellules hépatiques (Pettit), comme le fait celui de la syphilis (Levaditi).

Chacun de ces deux groupes de microorganismes, non seulement est adapté à un feuillet embryonnaire déterminé, mais donne naissance à des *états réfractaires* dont le mécanisme paraît différent. En effet, les agents des mésodermoses provoquent l'immunité phagocytaire, bactéricide et antitoxique, tandis que ceux des ectodermoses déterminent avant tout un état réfractaire local de l'ectoderme intéressé par la lésion (vaccine, herpès). Si Metchnikoff a découvert le rôle du mésoderme comme appareil de défense phagocytaire, c'est qu'il avait étudié exclusivement les mésodermoses. Il est probable qu'un rôle semblable sera concédé aux épithéliums ectodermiques, lorsque l'on connaîtra mieux la morphologie des virus qui provoquent les ectodermoses.

Nous ignorons les raisons pour lesquelles les microorganismes adaptés aux deux feuillets embryonnaires sont en général si dissemblables au point de vue de leurs propriétés. Il est probable qu'il s'agit d'une adaptation progressive des microbes à des systèmes de tissus ayant une constitution physico-chimique et des fonctions différentes. Cette adaptation est stricte pour certains microorganismes; elle l'est sensiblement moins pour d'autres qui, à l'exemple du *Treponema pallidum*, font transition entre les germes à affinité exclusivement ectodermique et ceux à affinité mésodermique. La vie n'est possible que grâce à cette adaptation. Si les vertébrés vivent, malgré les nombreuses bactéries pathogènes qui pullulent dans l'intestin, sur la peau et dans le naso-pharynx, c'est que la plupart de ces bactéries sont pathogènes pour le mésoderme et nullement pour l'ectoderme.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 16 AOUT 1921.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** lit un Rapport de M. **Lindet**, qui rend compte en son nom et en celui de M. **Baillaud**, de la délégation qu'ils ont reçue de l'Académie pour assister à la pose de la première pierre de la nouvelle bibliothèque de Louvain.

ASTRONOMIE. — M. **Bigourdan** communique la dépêche suivante, transmise par le Bureau central des télégrammes astronomiques de Bruxelles :

Campbell telegraphs August 7, Starlike object brighter than Venus three degrees East, one degree south Sun, seen naked eye near Sunset five Observers. Unquestionably celestial Object. Probably Comet or Nova.

Cet astre est donc bien distinct de Vénus, actuellement étoile du matin, éloignée d'environ 45° du Soleil, et qui est assez facilement visible à l'œil nu.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la respiration des feuilles dans le vide ou des atmosphères pauvres en oxygène.* Note de MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy.**

On sait que lorsqu'une plante est privée d'oxygène, à l'obscurité, elle supplée à sa respiration normale, devenue impossible, par une fonction nouvelle qu'on est convenu d'appeler *la respiration intracellulaire*. Cette fonction qui, comme Müntz l'a fait voir le premier, n'est autre qu'une fermentation alcoolique, est sous la dépendance immédiate des hydrates de carbone présents dans les organes qui en sont le siège, et comme la propor-

tion de ces hydrates de carbone fermentescibles est limitée, elle ne s'exerce ordinairement d'une façon efficace que pendant un temps assez court. On peut en prolonger la durée en faisant flotter les feuilles au préalable sur une solution de sucre, mais seulement d'assez peu; l'asphyxie des organes que l'on maintient à l'obscurité dans le vide ou dans l'eau non aérée, à la température de 20° à 25°, est généralement complète après 3 ou 4 jours, au maximum; cette limite est du reste très variable avec l'espèce de plante étudiée.

Nous avons recherché dans le présent travail l'influence que peut avoir sur ce phénomène une très petite quantité d'oxygène, expressément ajouté au milieu ou produit par la fonction chlorophyllienne. Pour saisir le moment où les feuilles périssent, nous nous sommes adressés surtout aux espèces noircissantes, sur lesquelles nous avons déjà attiré l'attention à propos de nos recherches sur la toxicité des solutions salines (¹). Rappelons à ce sujet que le noircissement des feuilles, qui est caractéristique de leur mort, peut être dû à deux causes tout à fait différentes : tantôt l'hydrolyse diastasique d'un principe immédiat dont l'un des composants est fortement coloré, comme celle de l'aucubine par l'émulsine dans les feuilles d'aucuba; le changement de couleur se produit alors indifféremment en présence ou en l'absence d'oxygène; tantôt l'attaque de quelque composé phénolique par une oxydase : c'est le cas, beaucoup plus fréquent, des feuilles de poirier, de troène, de figuier, de lilas, de lierre, etc., dont le noircissement post-mortel se produit seulement au contact de l'air.

C'est ainsi que si l'on enferme une feuille d'aucuba et une feuille de poirier dans un même tube où l'on fait le vide, on voit la première noircir, à l'obscurité, après 3 ou 4 jours, tandis que la seconde garde son aspect primitif; elle est pourtant morte, car si on laisse rentrer l'air dans le tube, ce qui permet aux oxydases d'agir, elle noircit à son tour en moins de 2 heures.

On peut aussi se servir, dans les recherches de ce genre, des feuilles d'oseille qui jaunissent en mourant par suite de l'action décomposante que l'acide oxalique diffusé exerce sur la chlorophylle; mais leur plus grande sensibilité et surtout la facilité avec laquelle elles se flétrissent dans l'air ou s'injectent dans l'eau, les rendent d'un emploi beaucoup moins commode et moins sûr que celui des feuilles noircissantes dont nous venons de parler.

Nos expériences ont été faites en milieu gazeux et en milieu liquide.

(¹) Maquenne et Demoussy, *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 178.

Dans le premier cas les feuilles (ou plutôt des fragments de feuilles) étaient enfermées dans des tubes à robinet où, après y avoir fait le vide au moyen de la trompe à mercure, on laissait rentrer un volume connu d'air. Les tubes étaient alors placés dans une armoire obscure et l'on notait le temps au bout duquel le noircissement était complet.

Dans le vide, avec les feuilles d'aucuba, ce noircissement s'observe, comme nous venons de le dire, après 3 ou 4 jours. Avec 2^{cm^3} d'air dans un tube de 50^{cm^3}, ce qui correspond à 0,8 pour 100 d'oxygène, une lanière de 70^{mm} de longueur sur 7^{mm} de largeur, taillée dans une feuille de cette espèce, montre déjà une survie de 1 jour qui se prolonge pendant 5 jours avec 5^{cm^3} d'air, soit 2 pour 100 d'oxygène.

A cause de la respiration normale qui absorbe rapidement l'oxygène ajouté, l'influence de ce gaz dépend d'ailleurs bien plus de sa quantité absolue que de sa pression relative. Si l'on fait la même expérience avec un fragment de feuille ayant seulement 50^{mm^2} de surface, ce qui représente une densité de chargement 10 fois moindre, on constate que l'addition d'un seul centimètre cube d'air, c'est-à-dire une dose moitié plus faible que la précédente, donne lieu, par rapport à un fragment semblable maintenu sous vide, à une survie de 3 jours, et l'on obtient déjà un effet sensible avec encore moitié moins d'air, dans un milieu qui par conséquent ne renferme que 2^{cm^3} d'oxygène par litre.

Les mêmes phénomènes s'observent avec les feuilles de poirier, sauf qu'il est alors nécessaire, pour connaître l'état dans lequel elles se trouvent à un moment donné, de laisser rentrer l'air dans les tubes : elles commencent à noircir au bout d'une heure si elles sont mortes, elles conservent leur couleur verte si elles sont encore vivantes.

De ce qu'il suffit de très peu d'air pour obtenir la vie d'une feuille pendant plusieurs jours, à l'obscurité, on était en droit de penser que la petite quantité d'oxygène qui résulte de la décomposition de l'acide carbonique respiratoire par la fonction chlorophyllienne, à la lumière, pourrait également y suffire, et cela pendant un temps plus long, puisque l'oxygène consommé pendant la nuit est alors intégralement régénéré le lendemain. C'est bien ce qui a lieu; et sur ce point les résultats de l'expérience ont largement dépassé toutes nos prévisions. Ce n'est pas, en effet, sans une véritable surprise que nous avons vu une feuille d'aucuba ou de poirier se conserver sans subir la moindre altération, à la lumière diffuse, dans des tubes vides d'air, pendant des semaines et même plusieurs mois, plus de trois mois pour les feuilles d'aucuba; et ce n'est pas là une simple appa-

rence, car nous avons expressément vérifié, ce qui est le critérium de la vitalité, que les feuilles soumises à ce traitement sont encore, à la fin de l'expérience, capables de décomposer l'acide carbonique au soleil aussi bien que les feuilles fraîches ([1]).

L'observation des feuilles immergées nous a conduits à des résultats analogues et nous a même, ainsi qu'on va le voir, appris quelque chose de nouveau. Pour mener à bien cette recherche, il fallait pouvoir maintenir les feuilles en milieu parfaitement et constamment aéré, ce qui, au sein d'un liquide, est loin d'être aussi facile qu'on pourrait le croire *a priori* (certaines eaux, comme celle de la Seine qui alimente notre laboratoire, ne contiennent pas trace d'oxygène en dissolution).

Pour cela nous avons fait usage d'un appareil automatique, constitué essentiellement par un long serpentin de verre dans lequel une petite trompe aspirante fait circuler le liquide en même temps qu'un chapelet de bulles d'air. L'eau ainsi saturée retombe dans le tube à feuilles, qu'elle parcourt dans toute sa longueur avant de revenir à son point de départ et de rentrer dans le cycle qu'elle parcourt ainsi indéfiniment. Ce dispositif, en même temps qu'il assure la saturation de l'eau, présente l'avantage d'éviter tout changement du liquide et permet d'opérer en vase clos, par conséquent, si le tout a été stérilisé, en milieu rigoureusement aseptique.

Lorsque l'appareil est au repos, c'est-à-dire quand les feuilles sont privées d'oxygène, elles périssent comme dans le vide rapidement. On en est averti par leur noircissement, qui est spontané dans le cas des feuilles d'aucuba et ne se manifeste avec les feuilles de poirier, pour les mêmes raisons que nous avons données ci-dessus, que lorsqu'on remet l'appareil en marche.

Lorsque celui-ci fonctionne, c'est-à-dire lorsque l'eau est aérée, les feuilles continuent à vivre, même à l'obscurité complète, pendant plusieurs semaines. C'est là le fait nouveau qui ressort de ce mode particulier d'investigation; on n'avait pu le constater par la méthode des tubes à pression réduite parce que l'oxygène pris par la respiration n'y était pas remplacé, il apparaît ici parce que l'aération, grâce au courant d'eau, est au contraire maintenue constante.

([1]) Après 43 jours, une lanière de $70^{mm} \times 5^{mm}$, découpée dans une feuille d'aucuba ou de poirier, a fait disparaître, en 5 heures d'exposition au soleil, la totalité de l'acide carbonique contenu dans un tube de 15^{cm^3}, rempli d'air à 10 pour 100 de CO^2, soit, en valeur absolue, $1^{cm^3},5$, et l'a remplacé, comme cela devait être, par un égal volume d'oxygène. L'énergie assimilatrice était alors supérieure à $2^{cm^3},5$ d'acide carbonique par gramme-heure de feuilles, ce qui est normal.

Remarquons que la quantité d'oxygène, qui est ainsi offerte aux feuilles sous forme de dissolution, est environ 30 fois moindre que celle qu'elles trouveraient dans un égal volume d'air; elle est donc du même ordre que celle de nos tubes à atmosphère raréfiée, ce qui rend nos deux séries d'expériences tout à fait comparables.

De là découlent plusieurs conséquences importantes. C'est d'abord la nécessité absolue de la respiration normale, par conséquent de la présence d'oxygène libre, pour l'entretien de la vie végétale, nécessité qui est pour les plantes vertes plus impérieuse encore que celle de la fonction chlorophyllienne, puisque les feuilles continuent à vivre pendant longtemps à l'abri de la lumière dans un milieu aéré et qu'elles périssent en l'absence d'oxygène. Ensuite, c'est l'insuffisance absolue de la respiration intracellulaire pour prévenir l'asphyxie des feuilles détachées.

La respiration intracellulaire étant causée par le dédoublement des hydrates de carbone fermentescibles que renferme la feuille, il faut conclure de là que ceux-ci ne s'y trouvent qu'en très faible proportion; mais si l'on admet, avec Godlewski, que l'acide carbonique produit par la respiration normale est aussi d'origine fermentaire, on ne s'explique plus pourquoi les feuilles survivent aussi longtemps, à l'obscurité, dans un milieu aéré qui ne peut qu'accélérer encore la destruction de ses éléments combustibles.

En présence d'oxygène, a-t-on dit, l'alcool qui se forme est assimilé par la cellule vivante, qui le ramène à son état primitif d'hydrate de carbone fermentescible; mais, outre que l'on a peine à comprendre la nécessité d'un pareil cycle évidemment vicieux, les sucres ne donnant, par fermentation, que la moitié de leur poids d'alcool, devraient encore subir de ce chef une usure rapide, entraînant la mort à brève échéance. L'expérience prouve le contraire, c'est donc que la respiration normale emprunte les éléments de l'acide carbonique qu'elle dégage à d'autres matériaux que ceux qui servent à la respiration intracellulaire.

D'où cette conclusion, qui nous paraît être une conséquence logique de tout ce qui précède :

« La respiration intracellulaire et la respiration normale, auxquelles certains auteurs ont cru voir une origine commune, procèdent en réalité de causes différentes et doivent être envisagées comme des fonctions autonomes, autant par leur mécanisme intime que par l'influence qu'elles exercent sur la vie des plantes vertes. »

PARASITOLOGIE. — *Un nouveau Champignon parasite de l'Homme*, Glenospora gandavensis. Note de M. **Paul Vuillemin.**

Dans une Communication antérieure [1], j'ai précisé les caractères essentiels du genre *Glenospora* Berk. et Curt., auparavant ballotté entre les genres *Stemphylium*, *Graphium*, *Cephalothecium*, *Verticillium*, et nommé alors *Verticillium Graphii* Siebenmann.

L'appareil reproducteur est inconnu. La propagation est assurée par le thalle, dont certaines cellules fonctionnent comme thallospores. Les thallospores détachées par désarticulation sont des arthrospores caractérisant la famille des Mycodermacées. Les unes (oïdies des auteurs) sont des articles gardant la structure des filaments végétatifs; les autres sont des chlamydospores accumulant des réserves sous la membrane épaissie; on les a prises pour des conidies quand elles sont terminales et assez uniformes; mais les conidies se distinguent du thalle dès leur apparition, et tombent naturellement à la maturité. La régularité des chlamydospores terminales, reliées d'ailleurs par des transitions aux chlamydospores latérales et intercalaires polymorphes, permet tout au plus de les distinguer parmi les arthrospores sous le nom d'*aleuries*.

Le *Glenospora Graphii* était connu dans des affections de l'oreille et de la cornée. L'intérêt médical du genre *Glenospora* a grandi. S'appuyant sur ma diagnose précisée, MM. Chalmers et Archibald décrivent dans les mycétomes le *Gl. Khartoumensis*, au Soudan, en 1916; le *Gl. Semoni*, en 1917, en France, chez un soldat venant de l'Inde. Une quatrième espèce vient d'être découverte dans une culture ensemencée à Gand par le professeur M. Henseval avec les expectorations d'un malade atteint de bronchite fétide.

Les aleuries de ces quatre parasites de l'homme sont plus petites que celles des parasites des végétaux. Chez ceux-ci elles atteignent et dépassent 10^{μ} de diamètre; leurs dimensions moyennes sont $6-6,7 \times 4-5^{\mu}$ chez le *Gl. Graphii*, $4-5 \times 3-4^{\mu}$ chez le *Gl. Khartoumensis* et le *Gl. Semoni* qui en est distingué seulement par l'aspect macroscopique des cultures; dans l'espèce gantoise elles mesurent $6-10 \times 5-8^{\mu}$.

La culture qui me fut communiquée par mon collègue belge était saupoudrée d'une poussière blanche entremêlée de points noirs, d'où émer-

---

(1) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 141-143.

geaient des amas sombres dont le plus gros atteignait 3mm. Au microscope, la poudre blanche se résolvait en articles de 8 — 13 × 1,6 — 3µ,5 rappelant les *Mycoderma*. Les points et les amas sombres renfermaient des chlamydospores de 6 — 10 × 5 — 8µ parsemées de gouttes réfringentes sous une paroi brune à reflets rougeâtres.

Des cultures en cellule, effectuées par M. Lasseur dans mon laboratoire de la Faculté de Médecine de Nancy, vérifièrent la pureté de la semence. En partant des chlamydospores, on obtint des articles incolores et réciproquement. Dans tous les cas la germination donna un filament incolore, bientôt cloisonné, puis morcelé. La ramification se produisit seulement dans une goutte épaisse, où l'air se renouvelait mal; alors elle débutait dès la base du tube germinatif sortant de la chlamydospore; les rameaux prennent toutes les directions, oblique, perpendiculaire ou même récurrente.

La biologie du champignon est éclairée par l'étude des cultures multipliées par M. Lasseur dans divers milieux. Il prospère à 20° comme à 37°, avec optimum thermique vers 32°-35°. Il se contente d'une faible tension d'oxygène. Les filaments ramifiés, incolores, sans chlamydospores, prédominent dans les milieux peu aérés (gélose de Veillon, profondeur des liquides). L'humidité est nécessaire. Dans les tubes de Veillon ensemencés par piqûre, on ne voit rien dans une couche superficielle de 2mm à 5mm. Immédiatement au-dessous de cette zone aride, la colonie s'étale; sous cette nappe, elle se rétrécit progressivement ou s'interrompt pour reparaître en îlots décroissant comme la tension de l'oxygène avec la profondeur. Il préfère les milieux légèrement acides et augmente lui-même l'acidité. En surface sur gélose maltosée, la colonie prend, comme celle du *Glenospora Semoni*, la forme d'une coupole noire bordée de franges claires. Sur carotte, les cultures noircissent vers le quatrième jour; le cinquième, on trouve des sporophores ramifiés.

Les chlamydospores offrent dans leur position et leur forme la même diversité que chez le *Gl. Graphii*. Si elles terminent plusieurs rameaux rapprochés, si en même temps leur support présente au-dessous d'elles un ou deux gonflements variqueux, on retrouve l'apparence qui avait fait rapporter le précédent au genre *Verticillium*.

Les chlamydospores intercalaires peuvent rester cylindriques et de même calibre que les articles incolores. On ne prendra pas pour des chapelets de conidies les chlamydospores arrondies rapprochées de la chlamydospore terminale.

M. Lasseur a trouvé des articles incolores de la dimension ordinaire

s'échappant comme d'une gaîne par le sommet tronqué d'un filament incolore de 4^{μ} de diamètre. On se croirait en présence des prétendues endoconidies qui forment la base fragile du genre *Chalara*. Il s'agit d'un rajeunissement végétatif dans lequel les arthrospores, cellules actives, renouvellent leur paroi et s'affranchissent d'une membrane vieillie.

Nous ne connaissons dans cette espèce, ni conidies, ni endoconidies; ce n'est ni un *Verticillium*, ni un *Chalara;* c'est une nouvelle espèce du genre *Glenospora*. Elle se distingue des autres parasites de l'Homme, ses congénères, par les chlamydospores plus grandes, d'une nuance moins terne, de plus par l'abondance des articles incolores provenant de la dislocation du thalle.

Je nomme cette espèce *Glenospora gandavensis* pour commémorer le lieu de sa découverte.

NOMINATIONS.

M. L. **Mangin** est désigné pour faire partie de la délégation qui devra représenter l'Académie des Sciences à la célébration du septième centenaire de la fondation de la Faculté de Médecine de Montpellier le 5 novembre prochain.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à procéder, dans un délai aussi rapproché que possible :

1° A la désignation d'un de ses Membres qui devra remplacer, dans la deuxième Section de la *Commission technique de la Caisse des recherches scientifiques*, M. *G. Lippmann*, décédé;

2° A la désignation d'un de ses Membres (Section d'Anatomie et Zoologie) qui devra remplacer, dans la première Section de la *Commission technique de la Caisse des recherches scientifiques*, M. *Edmond Perrier*, décédé.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Remarque sur une Communication récente.* Note (¹) de M. **Charles Nordmann**, présentée par M. Bigourdan.

A propos des résultats que j'ai obtenus au moyen du photomètre hétérochrome de l'Observatoire en collaboration avec M. Le Morvan et qui ont fait

(¹) Séance du 8 août 1921.

l'objet d'une Communication récente (¹), il n'est peut-être pas inutile de préciser la manière très simple dont nos observations peuvent être étendues et reprises dans des conditions parfaitement comparables à celles où nous avons opéré nous-mêmes.

La condition nécessaire et suffisante pour obtenir des résultats rigoureusement comparables aux nôtres dans la mesure de la répartition des intensités dans le spectre des étoiles est de mesurer successivement les éclats relatifs des étoiles comparées à travers des écrans colorés identiques aux nôtres, quel que soit d'ailleurs le procédé photométrique employé qui est ici indifférent.

Je crois donc utile de rappeler les compositions, déjà indiquées antérieurement (²), des trois liquides qui, interposés dans de petites cuves à faces parallèles d'une épaisseur intérieure de 5^{mm}, constituent respectivement les trois écrans rouge, vert et bleu employés dans notre photomètre hétérochrome :

Écran rouge.

Rouge de Hœchst nº 1	1^g
Eau distillée	500

Écran vert.

Vert naphtol	2,0
Tartrazine	2,5
Bleu carmin	0,5
Eau distillée	6250,0

Écran bleu.

Sulfate de cuivre cristallisé	20
Eau et ammoniaque, q. s.	375

J'ai montré autrefois (³) que les courbes de luminosité de ces écrans colorés sont telles que, puisque les résultats des mesures faites à travers les écrans extrêmes (rouge et bleu) sont pratiquement conformes à la loi de Planck, entre 1400° et la température effective du Soleil (et cela ressort des résultats des mesures faites et faciles à refaire sur le Soleil et sur un four électrique porté à diverses températures connues), il s'ensuit que les résultats obtenus ne s'écarteront pas davantage de cette loi, si elle est exacte, entre la température effective du Soleil et 100 000°.

Il est donc extrêmement simple, sous la seule condition d'employer les

(¹) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 72-75.
(²) *Bulletin astronomique*, février 1909.
(³) *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 1038.

écrans colorés dont la composition est rappelée ci-dessus, de déterminer par quelque procédé photométrique que ce soit, et dans des conditions identiquement comparables aux nôtres, la répartition des intensités dans les spectres des étoiles et leurs températures effectives. Que l'on emploie à cet effet, comme nous-mêmes, une étoile de comparaison artificielle dont on modifie l'éclat au moyen de nicols, qu'on emploie un photomètre à coin, un photomètre à extinction, ou même un procédé de photométrie photographique, les résultats des mesures seront exactement comparables si elles ont été faites à travers les trois écrans indiqués. Il serait même facile d'obtenir des résultats identiques sans aucun appareil photométrique, et par de simples estimations à l'œil nu, comme celles que fournit la « méthode des degrés », sous la seule condition de placer successivement devant l'œil de l'observateur qui fait ces estimations, les écrans colorés de la composition indiquée.

RADIOLOGIE. — *Sur l'utilisation de tensions constantes en radiodiagnostic.* Note de MM. **R. Ledoux-Lebard** et **A. Dauvillier**, présentée par M. E. Bouty.

Nous avons montré dès 1916 (¹) l'intérêt considérable qu'il y avait, au triple point de vue de la précision des mesures et du *contrôle* électrique, du rendement en rayons X de courtes longueurs d'ondes, de l'économie du courant et de la longévité des tubes Coolidge, à faire fonctionner ceux-ci sous une tension constante. Ce résultat a pu être étendu depuis aux autres modèles à pure émission d'électrons, en particulier au tube Lilienfeld (²) et au tube Müller.

Si l'on se place, non au point de vue de la simplicité extrême de l'appareillage radiologique, mais à celui du *rendement en rayons X pénétrants*, on peut dire que le tube Coolidge fut créé à un moment où son générateur de tension idéal n'existait pas encore. Au contraire, les auteurs allemands se sont ingéniés à construire des tubes à vide élevé adaptés aux sources de hauts potentiels variables alors en usage : la bobine d'induction et le transformateur statique. De là vient la complexité du tube Lilienfeld, corrigée il est vrai dans le tube Müller dits *à électrons*, mais au détriment de l'effet recherché, à savoir l'obtention d'une dose profonde maxima pour une puis-

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 405.

(²) A. Dauvillier, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1033.

sance électrique donnée. Il est bien évident que la solution idéale consiste à utiliser le tube le plus simple, c'est-à-dire celui de W. D. Coolidge, muni d'une circulation d'eau pour les grandes puissances, et à le faire fonctionner sous une tension *constante* élevée. De plus, au lieu d'employer des tubes très encombrants (80^{cm} de longueur pour 200 kilovolts max.) comme cela se pratique à l'étranger, tubes très fragiles et dont il est impossible de se protéger, nous avons immergé l'ampoule dans un bain d'huile contenu dans une épaisse cupule de plomb complètement close ([1]). La protection contre les rayons et les décharges, qui est ailleurs si négligée, est ainsi rigoureusement assurée. Ce dispositif est aujourd'hui entré dans la pratique.

L'intérêt des tensions constantes en radiodiagnostic et en radiométallographie, a déjà été signalé par l'un de nous ([2]). Nous avons effectué récemment de nouvelles expériences afin de définir le gain que l'on peut réaliser au point de vue du temps de pose et pour comparer l'efficacité des dispositifs dits *pour homogénéiser* dont sont munis les tubes Lilienfeld et Müller. Comme la photographie ne permet d'apprécier que des équivalences, les temps de pose furent choisis de façon à obtenir des clichés identiques. Dans tous les cas, la *tension maxima* (45 kilovolts) et l'*intensité moyenne* (5 mA) du courant furent les mêmes, ainsi que la distance (65^{cm}) du foyer à l'objet (crâne sec). Nous avons utilisé des films Eastman Kodak à double émulsion, avec ou sans écrans renforçateurs, développés dans des conditions identiques.

1° Tube Coolidge à radiateur, pas d'écran :

a. Tension constante; pose : 40 secondes.

b. Tension sinusoïdale (π) (commande par auto-transformateur); pose : 40×5 secondes.

c. Tension semi-sinusoïdale $\left(\text{contact tournant } \frac{\pi}{3}\right)$; pose 40×3 secondes.

Les tensions constantes et efficaces étaient mesurées au voltmètre électrostatique Abraham-Villard. La tension maxima, dans le troisième cas, l'était par l'étincelle équivalente.

Il faut donc poser trois fois plus longtemps avec ce contact-tournant commercial et cinq fois plus avec le « meuble Coolidge » pour obtenir le même cliché, que sous tension constante.

2° Comparaison des dispositifs dits pour homogénéiser sous tension sinusoïdale (auto-transformateur, π) :

---

(1) A. D., *Brevet français*, n° 92790, juillet 1917.

(2) A. D., *Revue générale de l'Électricité*, t. 1, mars 1917, p. 441.

a. Tube Coolidge à radiateur; pose : 40×5 secondes.

b. Tube Lilienfeld (résistance du circuit d'allumage : $R_1 = 2,5$ mégohms; résistance pour homogénéiser : $R_2 = 0,5$ mégohm; résistance de sonde : $R_3 = 0,64$ mégohm). Pose : 40×3 secondes.

c. Tube Müller; pose : 40×4 secondes.

Le dispositif du tube Müller est donc moins efficace que celui du tube Lilienfeld. Un tube à gaz aurait donné le même temps de pose que ce dernier, mais on sait avec quelle complexité ce résultat est obtenu avec le tube Lilienfeld pour arriver d'ailleurs à un chiffre encore trois fois plus élevé que sous tension constante.

Les deux tubes allemands sont munis d'une anticathode de platine, alors que le tube Coolidge en possède une de tungstène. Les trois tubes donnèrent le même temps de pose (40 secondes) sous tension constante et, en effet, la substitution du platine au tungstène ne pouvait, dans ces conditions, accroître le rendement de plus de 5 pour 100.

Ces résultats furent confirmés par les radiographies exécutées avec écran renforçateur. Ils sont indépendants de la grandeur de la tension et ne dépendent que de la forme de celle-ci. Leur importance est donc aussi grande au point de vue de la radiothérapie profonde.

VISCOSITÉ. — *Influence de la température sur la viscosité des liquides normaux*. Note (¹) de M. **Edm. van Aubel**, présentée par M. Branly.

Plusieurs formules ont été proposées pour exprimer la dépendance qui existe entre la viscosité d'un liquide et sa température (²). La formule suivante paraît être vérifiée d'une manière très satisfaisante par les résultats des mesures :

$$\varphi = m + n . \log(\Theta - t); \qquad (1)$$

φ désigne la fluidité du liquide ou l'inverse de sa viscosité, t est la température observée, Θ est la température critique du liquide, enfin m et n sont deux constantes.

Cette relation, comme celle de Graetz, renferme la température critique du liquide. Elle ne s'applique, comme nous allons le montrer, qu'aux

(¹) Séance du 8 août 1921.

(²) Chwolson, *Lehrbuch der Physik*, 2ᵉ édition, t. **1**, 1918, p. 264.

liquides normaux. Elle a l'avantage de ne contenir que deux constantes, si l'on connaît la température critique du liquide. Enfin, elle donne immédiatement une idée de la façon dont la fluidité varie à mesure que l'on considère des températures plus éloignées de la température critique.

En différentiant on trouve, en effet,

$$-\frac{d\varphi}{dt}=\frac{\text{constante}}{\Theta-t},$$

c'est-à-dire que l'accroissement de la fluidité pour une même élévation de la température varie en raison inverse de la différence entre la température critique du liquide et la température considérée. Cette relation (1) est une conséquence de deux formules qui ont été proposées antérieurement.

En effet, Batschinski a montré que, pour les liquides non associés, la viscosité n était reliée au volume spécifique v par la relation

$$\eta=\frac{c}{v-\omega},$$

d'où l'on déduit

$$(2) \qquad v=\omega+\frac{c}{\eta}=\omega+c.\varphi,$$

ω et c étant deux constantes.

D'autre part, Avenarius a proposé la formule suivante pour exprimer la dilatation des liquides :

$$(3) \qquad v=c-d.\log(\Theta-t),$$

v volume à la température t, Θ température critique, c et d constantes.

Les équations (2) et (3) donnent la formule (1) que nous proposons et qui ne peut, par conséquent, être appliquée qu'à des liquides normaux.

Nous avons vérifié la relation (1) dans le cas du benzol monochloré, de l'acétate d'éthyle et du benzol.

Les fluidités ont été mesurées pour le benzol monochloré, par Julius Meyer et Bruno Mylius; pour l'acétate d'éthyle, par Thorpe et Rodger de 0° à 70° C. et par Heydweiller de 77°,7 à 183°,0 C.; pour le benzol, par Thorpe et Rodger de 10° à 80° C. et par Heydweiller de 78°,4 à 185°,7 C.

Les températures critiques sont extraites des *Tables physico-chimiques* de Landolt-Börnstein, 4e édition, p. 439.

1. *Benzol monochloré* : $\Theta = 359°,2$.

Constantes calculées pour la formule (1) : $m = 3154,9$; $n = -1197,6$.

Températures.	Fluidités mesurées.	Fluidités calculées par la formule (1).
0°	94,7	94,6
10	108,5	109,3
20	124,4	124,4
30	140,5	140,0
40	156,6	156,0
50	172,3	172,6
60	190,4	189,7
70	207,7	207,4
80	225,2	225,7

2. *Acétate d'éthyle* : $\Theta = 250°,1$

a. Mesures de Thorpe et Rodger.
Constantes calculées pour la formule (1) : $m = 3493,6$; $n = -1384,8$.

Températures.	Fluidités mesurées.	Fluidités calculées par la formule (1).
0°	173,0	172,7
10	197,2	197,2
20	222,7	222,8
30	249,4	249,5
40	277,8	277,5
50	306,7	306,8
60	337,3	337,7
70	370,4	370,2

b. Mesures de Heyweiller.
Constantes calculées pour la formule (1) : $m = 3346,9$; $n = -1318,1$.

Températures.	Fluidités mesurées.	Fluidités calculées par la formule (1).
77°,7	397,6	398,9
99,6	478,5	476,7
128,0	596,0	596,4
151,9	721,0	721,1
163,7	793,0	794,4
183,0	940,7	939,1

3. *Benzol* : $\Theta = 288°,5$.

a. Mesures de Thorpe et Rodger.
Constantes calculées pour la formule (1) : $m = 3616,3$; $n = -1425,2$.

Températures.	Fluidités mesurées.	Fluidités calculées par Batschinski avec la formule (2).	Fluidités calculées par la formule (1).
10°.....	131,8	131,7	132,0
20.....	154,1	155,0	154,6
30.....	177,9	178,6	178,1
40.....	203,3	204,1	202,5
50.....	228,8	229,9	227,9
60.....	256,1	256,4	254,4
70.....	284,9	283,3	282,1
80.....	305,8	310,5	311,1

b. Mesures de Heydweiller.
Constantes calculées pour la formule (1) : $m = 3926,7$; $n = -1557,4$.

Températures.	Fluidités mesurées.	Fluidités calculées par Batschinski avec la formule (2).	Fluidités calculées par la formule (1).
78°,8...	314,8	311,5	311,1
99,8...	379,9	381,7	382,4
100,5...	383,7	384,6	384,9
131,5...	505,6	510,2	506,2
161,4...	646,8	649,3	649,7
185,7...	797,4	793,6	793,2

Ces tableaux montrent que la formule que nous avons proposée représente bien les résultats des mesures, pour les liquides normaux.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur les dimensions des molécules des huiles grasses, et sur quelques phénomènes de dissolutions moléculaires.* Note de M. **Paul Woog**, présentée par M. Daniel Berthelot.

A propos de nos recherches sur l'onctuosité [1], nous avons déterminé les dimensions des huiles grasses étendues sur l'eau en couche monomoléculaire : le mode opératoire permettait, grâce à son extrême sensibilité, d'apprécier la longueur de la surface couverte à moins de $0^{mm},5$ près.

[1] Paul Woog, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 303.

	Section droite en cm² $\times 10^{-16}$.	Largeur en cm² $\times 10^{-8}$.	Hauteur en cm² $\times 10^{-8}$.	Rapport entre la hauteur et la largeur.
Huile de ricin	296,18	17,21	5,11	3,363
» colza	107,2	10,35	15,23	1,471
» arachide	114,5	10,70	13,46	1,258
» olive	104,3	10,21	13,82	1,353
» pied de mouton	109,7	10,47	13,80	1,318
» pied de bœuf	107,4	10,36	13,97	1,348
» lard	109,48	10,46	13,56	1,296
» spermacéti	83,4	9,13	12,88	1,410
Acide stéarique	22,28	4,72	24,52	5,19
» palmitique	20,77	4,55	24,11	5,29
» oléique	42,67	6,53	12,11	1,85
Tristéarine	66,9	8,17	24,51	3,00
Trioléine	117,19	10,82	13,89	1,28

Ces chiffres semblent montrer que les molécules des huiles ne présentent, sauf celles de l'huile de ricin qui reposent d'ailleurs à plat sur l'eau, qu'une faible asymétrie. Mais nous pensons que cela n'est qu'une apparence inexacte. Les mesures dépendent, en effet, du volume moléculaire et de la surface occupée sur l'eau par chaque molécule. Or, si le premier facteur $\frac{M}{DN}$ est nettement défini, nous estimons qu'il n'en est pas de même du second.

C'est en vue d'élucider ce point, que nous avons déterminé par la même méthode que précédemment, les dimensions moléculaires des principaux constituants des huiles : les nombres obtenus diffèrent peu de ceux publiés par Langmuir à l'appui de sa théorie de la tension superficielle. On sait que celle-ci attribue aux « groupes actifs » d'atomes l'étalement des huiles sur l'eau. Les carboxyles viennent toujours en contact avec l'eau, de même que les atomes voisins des doubles liaisons, de sorte que la surface occupée sur l'eau par une molécule ainsi « orientée » est proportionnelle au nombre des groupes actifs : on voit, en effet, que les aires correspondant aux corps non saturés sont les plus grandes. Mais, à notre avis, cette disposition de la molécule non saturée ne peut se faire que grâce à une déformation facilitée par l'état liquide. Lorsque les corps sont solides (produits saturés), leur rigidité caractéristique maintient les chaînes dressées verticalement. Si les matières sont liquides, les chaînes peuvent s'affaisser sur l'eau et laissent la double liaison s'orienter. Les molécules à valences incomplètes, si voisines de constitution des molécules saturées correspondantes, n'au-

raient donc pas une longueur très inférieure, mais, au contraire, des dimensions très proches de celles de ces dernières; les molécules des huiles grasses seraient ainsi fortement asymétriques, en ce sens que leurs deux axes principaux différeraient dans le rapport d'environ 1 à 3.

Pour vérifier cette conception, nous avons examiné si la section droite moléculaire d'un corps saturé solide augmenterait par suite de la dissolution de ce corps dans un autre, non saturé liquide. Ajoutés successivement sur l'eau (à l'état de solutions benzéniques séparées), les produits couvrent au total une surface toujours équivalente à la somme des aires des molécules considérées isolément. Celles-ci s'orientent, en effet, librement sur l'eau et ne s'influencent pas mutuellement. Mais si les gouttes de benzine contiennent en dissolution à la fois un corps saturé solide et un corps non saturé liquide, la surface couverte par les molécules mélangées présente des écarts avec la somme calculée des aires trouvées expérimentalement.

Nous attribuons ce phénomène à une influence des molécules non saturées sur les molécules solides : ces deux sortes de molécules mises en présence dans le solvant, forment des groupements, grâce à l'affinité réciproque de leurs carboxyles; les chaînes se rapprochent aussi et, lorsque ces agglomérations de molécules se trouvent en présence de l'eau, l'orientation se produit. C'est alors que les doubles liaisons peuvent entraîner, en même temps que leurs propres chaînes, les chaînes saturées qui leur sont contiguës, d'où augmentation de l'aire couverte. Pour les molécules de section faible, et par conséquent flexibles, les choses se passent bien ainsi et nous avons observé des majorations de surface. Ces majorations sont de l'ordre de grandeur de la différence qui sépare, par exemple, les sections droites des acides oléique et stéarique, et analogues aussi à l'augmentation de surface que les molécules solides présentent en fondant par la chaleur ([1]). Mais la flexibilité étant en raison inverse de la section, nous devions constater que des molécules suffisamment larges et rigides résisteraient à l'entraînement des doubles liaisons et empêcheraient même des molécules liquides de s'affaisser. C'est ce qui a lieu, en effet, et, dans ce cas, nous obtenons une diminution de la surface prévue.

([1]) H. Labrouste, *Annales de Physique*, t. 14, septembre-octobre, 1920, p. 164.

Nombre de molécules. ×10[10]. A.	B.	Surface couverte par les molécules A cm² calculés. C.	Surface couverte par les molécules B cm² calculés. D.	Surface totale couverte C + D calculée cm². E.	Surface totale couverte C + D (expérience) cm². F.	Différence entre E et F cm². G.	F — D. H.	$\frac{H}{C}$. I.
Ac. stéarique.	Ac. oléique.							
2.040.701	1.928.006	45,48	82,26	127,74	168,25	+40,51	85,99	1,89
2.048.674	1.977.050	45,66	84,36	130,02	158,34	+28,32	73,98	1,62
2.045.452	2.211.260	45,59	94,35	139,94	165,70	+25,76	71,35	1,56
2.109.933	2.004.621	47,02	85,53	132,55	149,19	+16,64	63,66	1,35
Ac. palmitique.	Ac. oléique.							
2.239.163	2.046.524	46,50	87,32	133,82	172,47	+38,65	85,15	1,83
2.300.695	2.118.250	47,78	90,38	138,16	176,25	+38,09	85,87	1,79
Ac. stéarique.	Trioléine (¹).							
2.212.937	701.281	49,32	77,54	126,86	142,58	+15,72	65,04	1,318
2.081.199	663.270	46,38	73,34	119,72	128,10	+ 8,38	54,76	1,18
Tristéarine.	Trioléine (¹).							
675.121	668.892	45,16	73,96	119,12	105,37	−13,75	»	»
685.628	759.446	45,86	83,97	129,83	119,48	−10,35	»	»
1.214.868	711.724	81,27	78,70	159,97	153,00	− 6,97	»	»
Tristéarine.	Ac. oléique.							
663.604	2.081.349	44,39	88,81	133,20	118,69	−14,51	»	»
648.241	2.145.562	43,36	91,55	134,91	123,26	−11,64	»	»

Les écarts sur les surfaces calculées s'observent avec toutes les benzines cristallisables employées, mais certaines impuretés de ce solvant accroissent l'intensité des phénomènes. Des expériences de contrôle ont montré que ces corps étrangers n'intervenaient qu'à titre secondaire, et que notamment ils n'étaient pas sélectivement adsorbés par les molécules.

Les actions moléculaires dont nous avons parlé, sont en liaison étroite avec les phénomènes de dissolution; elles témoignent de l'importance du rôle que peuvent jouer les régions d'activité atomique et les groupements de molécules qui en sont la conséquence.

(¹) L'échantillon de trioléine employé pour ces essais donnait $110,58.10^{-16}$ cm² comme section droite de la molécule.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les propriétés additives de la double liaison cétoénolique.* Note de MM. **H. Gault** et **R. Weick**, transmise par M. Haller.

Nous avons exposé, dans des Notes antérieures (¹), les essais que nous avons effectués dans le but de mettre en évidence, par fixation de brome, d'hydracides, d'ammoniac et de diéthylamine, les propriétés additives de la double liaison cétoénolique de l'éther phénylpyruvique.

Nos tentatives n'ont eu de succès que dans le cas du brome; dans tous les autres cas nous avons enregistré des réactions secondaires, des isomérisations, et surtout des cyclisations modifiant complètement la chaîne carbonée primitive.

Dans le but d'éviter ces réactions accessoires, nous avons cherché à bloquer l'oxhydrile énolique par éthérification, de manière à stabiliser la double liaison elle-même.

Cette Note résume nos principales recherches dans cette voie.

Les essais d'éthérification directe par les hydracides ne donnant aucun résultat comme nous l'avions observé précédemment, nous avons cherché à éthoxyler l'oxhydrile énolique par l'alcool chlorhydrique dans les conditions indiquées autrefois par l'un de nous (²). Les résultats ont été négatifs, comme on pouvait, jusqu'à un certain point, le prévoir, puisqu'au cours de la préparation même de l'éther phénylpyruvique par l'alcool chlorhydrique sous pression la formation de l'éther éthoxylé correspondant n'a jamais pu être caractérisée.

Nous avons eu recours, dans ces conditions, à l'éthérification par les chlorures et les anhydrides d'acides.

1. *Éther o-acétyloxycinnamique.* — Le dérivé acétylé de l'éther phénylpyruvique se prépare avec une grande facilité par action directe de l'anhydride acétique à l'ébullition sur l'éther β. C'est un produit solide qui, recristallisé dans l'alcool, fond à 33°-34°.

2. *Éther o-benzoyloxycinnamique.* — On le prépare facilement en faisant réagir le chlorure de benzoyle sur l'éther β en présence de soude caustique à 20 pour 100. Le produit blanc qui se précipite fond, après recristallisation dans l'alcool, à 87°.

(¹) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1392; t. 171, p. 395; t. 173, 1921, p. 315.

(²) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 107; t. 154, 1912, p. 439.

Aucun de ces deux éthers ne donne plus, en milieu alcoolique, de coloration avec le perchlorure de fer. Ils ne fournissent, d'autre part, aucun des dérivés habituels de la fonction cétone et, en tenant compte de leur mode de formation et de la facilité avec laquelle ils régénèrent l'acide phénylpyruvique sous l'influence des alcalis, on ne peut, dès lors, leur attribuer d'autre formule de constitution que les suivantes :

$$C^6H^5-CH=\underset{\underset{O-CO-CH^3}{|}}{C}-COOC^2H^5 \quad (I).$$

$$C^6H^5-CH=\underset{\underset{O-CO-C^6H^5}{|}}{C}-COOC^2H^5 \quad (II).$$

Nous avons étudié, sur ces deux éthers, l'action des réactifs habituels de fixation sur double liaison et, en particulier, du brome, des hydracides et de l'ammoniac.

Dans quelques conditions que nous nous soyions placés, nous n'avons jamais pu parvenir à obtenir un produit d'addition bromé et la stabilité de ces deux éthers, à ce point de vue, est tout à fait remarquable. Ils réagissent avec le brome, que ce soit à l'état solide, à l'état fondu, à l'état dissous, à température ordinaire ou à température élevée, en fournissant exclusivement des produits de substitution. Cependant, comme nous venons de l'exposer, l'existence de la double liaison est certaine et elle est vérifiée, d'autre part, par ce fait que les deux dérivés acétylé et benzoylé décolorent instantanément le permanganate de potassium en solution alcaline.

Nous sommes donc conduits à admettre comme un fait d'expérience la non-fixation du brome sur la double liaison des dérivés acétylé et benzoylé de l'éther phénylpyruvique. On trouve d'ailleurs, dans la littérature chimique, d'assez nombreux exemples d'anomalies semblables ([1]).

Dans le cas qui nous occupe, il est spécialement intéressant de souligner que la simple éthérification d'un oxhydrile suffise, quelle que soit la nature du radical éthérifiant, pour modifier aussi profondément les propriétés additives caractéristiques de la double liaison éthylénique.

Le permanganate de potassium oxyde instantanément les deux dérivés acétylé et benzoylé : l'oxydation coupe leur molécule à la double liaison en fournissant de l'acide benzoïque.

Les hydracides sont sans action sur les éthers acétyl- et benzoylphénylpyruviques à température ordinaire. Dans ces mêmes conditions, la potasse

---

([1]) *A.*, t. 216, p. 176; t. 250, p. 157; t. 256, p. 21; t. 296, p. 231; t. 304, p. 171.

caustique diluée saponifie rapidement au contraire les deux éthers en régénérant l'acide phénylpyruvique.

L'ammoniac ne réagit pas à température ordinaire. En milieu alcoolique à 100°, elle dédouble complètement le dérivé benzoylé et nous avons caractérisé, parmi les produits de dédoublement, l'oxamide.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Réversion de la scission chez les ciliés. Réalisation d'individus distomes et polyénergides de* Glaucoma scintillans *se multipliant indéfiniment par scissiparité.* Note de M. **Édouard Chatton.**

Les recherches dont j'expose ici les premiers résultats tendent à l'analyse des causes du passage de l'état monoénergide à l'état polyénergide qui accompagne si généralement chez les protistes le passage de l'état libre à l'état parasite. Duboscq a insisté sur les faits de cet ordre dans son essai synthétique sur les cellules géantes [1] et j'ai montré pour ma part que chez les péridiniens la conséquence première de la vie parasitaire était l'inhibition des scissions cytoplasmiques et nucléaires. Celle-ci a elle-même pour résultat la substitution de la sporulation multiple à la scissiparité simple, phénomène généralement expliqué d'une manière finaliste par la nécessité pour les parasites d'augmenter le nombre de leurs germes en raison du peu de chances qu'ont ceux-ci de retrouver les conditions nécessaires à leur évolution.

Le parasitisme est un ensemble complexe et très variable de conditions qui mettent en jeu des facteurs très divers. On peut en première approximation ranger ceux-ci sous trois chefs : 1° les facteurs osmotiques qui jouent avec intensité chaque fois que le parasite passe du milieu extérieur dans l'hôte ou inversement; 2° les facteurs trophiques : intensité, qualité, mode de la nutrition; 3° les facteurs ressortissant à l'immunité.

Les faits relatés ici ont trait à l'influence des facteurs osmotiques.

J'ai expérimenté sur un cilié, le *Glaucoma scintillans*, en raison de sa culture et de son maniement faciles. Mais ce n'est point des ciliés que, *a priori*, on peut attendre les résultats les plus nets au point de vue des faits de polyvalence. Ils ne montrent qu'une faible tendance à l'état polyénergide. On ne connaît point chez eux de diplozoaires comme il en est chez les flagellés (*Octomitus*, *Lamblia*) ou de polyzoaires comme les trichonym-

---

(1) *Arch. zool. exp. et gén.*, t. 58, 1918.

phines. La réalisation expérimentale, dans ce groupe, de semblables formes, n'en est que plus significative.

Voici les résultats de l'expérience la plus complète et la plus prolongée :

Le 18 février 1921 quatre *Glaucoma scintillans* en division sont portés du milieu de culture normal (décoction de foin dans l'eau distillée) dans une solution de bromure de sodium à 16 pour 1000 et y sont laissés 10 minutes, puis reportés dans le milieu de culture.

Dans la solution bromurée, plasmolyse intense qui accélère et achève la scission de l'un des individus et accentue l'étranglement des trois autres. Leurs moitiés ne sont plus unies que par un isthme étroit lors du retour dans le milieu de culture. Là, réimbibition et, après cinq minutes, gonflement au delà du volume primitif par suite de l'endosmose due à l'imprégnation du cytoplasme par l'électrolyte. Effacement progressif et finalement complet du sillon de scission et refonte totale des deux moitiés en une masse sphérique. Mobilité atténuée, mais conservée.

Chacun des *Glaucoma* ainsi obtenu a deux bouches, l'ancienne et la nouvelle déjà formée sur la génératrice de l'ancienne dans la moitié postérieure. Mais dans l'infusoire refondu ces bouches, au lieu de se trouver sur un même méridien, sont sur un même parallèle comme si, lors de la refonte, les deux individus avaient glissé l'un sur l'autre pour se souder latéralement

Un des individus se cytolyse 3 heures après le traitement bromuré, un autre est en division au bout de 14 heures, le dernier ne se scinde qu'après 26 heures, passant ainsi par une période d'inertie pendant laquelle un *Glaucoma* normal effectue trois, quatre ou cinq bipartitions. La scission a été équatoriale et telle que la moitié antérieure a formé deux bouches nouvelles sur les génératrices des précédentes.

L'un de ces individus sert de progéniteur à une culture en série entretenue par repiquages tous les 15 jours et qui commencée le 20 février a été cessée volontairement le 16 juillet, soit après cinq mois.

Dans cette culture un nombre plus ou moins grand d'individus distomes, selon les tubes, reviennent à l'état monostome. Comme ils se multiplient alors plus rapidement que les distomes ils finiraient par subsister seuls si chaque ensemencement n'était fait avec un distome. Par ce moyen la lignée des distomes peut être perpétuée sans difficultés, indéfiniment. Notons que cette sélection n'a d'autre but et d'autre effet que de soustraire les distomes à la concurrence des monostomes plus vivaces.

Le retour à l'état monostome s'effectue par le retard que subit dans sa formation la bouche postérieure homologue de la bouche antérieure surnuméraire. J'ai pu d'ailleurs réduire considérablement le nombre des individus faisant retour au type monostome en abaissant la température de culture. Exemple : au 12e jour de culture, il y a dans 13 tubes à 20°, 4,6 pour 100 de distomes; dans 8 tubes à 16°, 48,7 pour 100 de distomes et 54,3 pour 100 dans 7 tubes à 14°. L'abaissement de température a pour effet de diminuer la vitesse de scission plus que celle de formation des bouches postérieures. Une alimentation abondante a un effet de même ordre.

Le *Glaucoma scintillans* normal a un macronucleus et un micronucleus. Les *Glaucoma* distomes n'ont qu'un seul macronucleus, mais plusieurs micronuclei.

L'unicité du premier s'explique par le fait qu'à la division les deux moitiés micro-

nucléaires restent unies par un isthme, tant que subsiste l'isthme protoplasmique. La refonte du macronucleus s'effectue donc comme celle du cytoplasme. Au contraire, les micronuclei sont déjà séparés. De plus, l'inertie cytoplasmique déterminée par le traitement osmotique est plus grande que l'inertie macronucléaire. Les micronuclei se divisent dans l'infusoire inhibé, qui acquiert ainsi de deux à six micronuclei qui se divisent eux-mêmes à chaque bipartition. Cette pluralité micronucléaire se conserve même chez des individus redevenus monostomes et leurs descendants. Elle peut être réalisée, indépendamment de la distomie, par un traitement osmotique ménagé.

Les individus doubles de *Glaucoma scintillans* obtenus par la technique plasmolyse-réimbibition sont, chez les ciliés, les équivalents exacts de ce que sont, chez les flagellés et les rhizopodes, les formes normalement biénergides, les diplozoaires de Dangeard, premier stade des états de polyvalence. La multiplication indéfinie de ces individus doubles montre la stabilité de la modification réalisée. Il est cependant nécessaire de la soumettre à l'épreuve de la sexualité. Mais le *Glaucoma scintillans* est une forme qui ne se conjugue que très rarement, comme l'a déjà remarqué Maupas.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur le processus histologique de l'ostéoporose adipeuse d'origine traumatique.* Note de M. E. **Grynfeltt**, transmise par M. Henneguy.

Dans une Note récente ([1]) j'ai montré que les lésions anatomiques de l'atrophie osseuse post-traumatique (improprement dénommée atrophie calcaire, ou décalcification post-traumatique) étaient identiques à celle que Cornil et Ranvier ont décrites depuis longtemps (1869) sous le nom d'*ostéoporose adipeuse* dans les segments de membres immobilisés ou dans les affections chroniques des articulations. Il s'agit dans tous ces cas d'une raréfaction de la substance osseuse et non de sa décalcification. Ceci concorde avec les données fournies par J.-L. Pech (1920) sur la constitution chimique de ces pièces squelettiques atteintes « d'atrophie calcaire » des radiologistes, où la proportion des sels minéraux reste ce qu'elle est dans les os sains.

Cette atrophie post-traumatique ([2]) se fait suivant un processus histolo-

([1]) *Société des Sciences médicales et biologiques de Montpellier*, 10 juin 1921.

([2]) Je n'ai en vue dans cette Note que l'atrophie qui se produit *à distance* du point lésé, où les phénomènes inflammatoires et infectieux n'interviennent pas, de façon directe tout au moins. J'ai pu l'étudier sur de nombreuses pièces squelettiques de la main et du pied provenant de membres amputés pour lésions hautes, chez des blessés de guerre.

gique tout à fait spécial, qui diffère de ceux que l'on a décrits dans la plupart des états pathologiques où se manifeste la raréfaction osseuse, et dans lequel les éléments cellulaires de la moelle, pas plus que les cellules osseuses, ne paraissent intervenir directement pour détruire la substance de l'os.

En effet, quand on examine la surface des travées atrophiées et amincies dans le tissu spongieux, ou sur les parois des canaux de Havers énormément agrandis dans le tissu compact, on est frappé de la régularité de leurs contours. Il n'y a pas de corrosion lacunaire de Howship. La raréfaction résulte de la disparition de la substance fondamentale, de façon uniforme, à la surface des lames osseuses, et cette disparition est totale, je veux dire que, là où elle se produit, la trame organique (osséine) aussi bien que les sels minéraux disparaissent simultanément. Il s'agit d'une sorte d'ostéolyse, localisée sur la substance fondamentale de l'os, mais qui respecte en général les cellules osseuses. On les retrouve souvent avec leurs caractères à peu près normaux et leurs anastomoses conservées, à la surface des trabécules, où la substance qui les séparait a totalement disparu, comme si elle s'était fondue.

Il est intéressant de remarquer que la moelle osseuse présente des altérations du même ordre. En effet, sur des os normaux de sujets du même âge (30 ans environ), j'ai pu me convaincre que la trame conjonctive interposée aux cellules de la moelle, même quand celle-ci est franchement adipeuse, est constituée de la façon suivante : conformément aux notions actuelles sur la constitution du tissu conjonctif (Studnicka, Laguesse), on peut la considérer comme formée d'un système de cloisons plus ou moins épaisses, circonscrivant des alvéoles arrondies occupées par les cellules adipeuses. Ces cloisons sont formées par la « substance fondamentale précollagène » du tissu conjonctif (au sens de Laguesse), renfermant dans leur intérieur un système de fibrilles collagènes très délicates, qui constituent une vraie « tramule », telle que l'a décrite Renaut (1903) sur d'autres formations conjonctives. Dans les os atteints d'ostéoporose adipeuse post-traumatique, cette substance fondamentale disparaît et les cellules adipeuses, dont le nombre est très augmenté, sont toutes au contact, ce qui donne un aspect clair, absolument caractéristique à cette moelle atrophiée.

En résumé, l'atrophie dite calcaire des os n'est pas une simple déminéralisation. Elle est caractérisée anatomiquement par des lésions identiques à celles de l'ostéoporose adipeuse de Cornil et Ranvier. Au point de vue histologique, ces lésions ne présentent aucun caractère inflammatoire. Elles consistent dans une atrophie de la substance fondamentale de l'organe,

c'est-à-dire de ce tout physiologique, os et moelle, qui entre dans la constitution de la pièce squelettique. Sur le tissu osseux, elle se manifeste par des phénomènes d'ostéolyse, c'est-à-dire de destruction de la substance fondamentale de l'os; sur la moelle, elle entraîne aussi la disparition de la substance fondamentale conjonctive, interposée aux éléments cellulaires, qui subissent pour la plupart la transformation en cellules adipeuses.

PHYSIOLOGIE. — *Action paralysante du bleu de méthylène sur les terminaisons nerveuses parasympathiques*. Note MM. **W. Koskowski** et **Et. Maigre.**

Après l'injection intraveineuse de bleu de méthylène, chez la grenouille, l'excitation du vague n'est plus capable d'arrêter le cœur ([1]). Nous avons reconnu, chez le chien, que pour des excitations faibles, mais donnant le tracé caractéristique (par ex. 2 v.; 0,8 mcb.), le bleu de méthylène injecté aux doses de $0^g,15$ et de $0^g,25$ exerce la même action paralysante sur le pneumogastrique : il faut alors 1,2 et 2,5 mcbs, au moins, pour obtenir encore l'effet cardio-inhibiteur.

Le tracé pneumographique montre, de même, après injection de bleu, une courbe semblable à celle que donne, après une première période d'excitation, la section des nerfs vagues : inspiration prolongée, profonde; expiration brève, active; pause respiratoire plus longue.

La corde du tympan est paralysée par le bleu : après injection de $0^g,10$, son excitation n'a plus, pendant quelques minutes, aucun effet secrétoire.

On sait ([2]) que l'injection intraveineuse de $0^g,05$ ou de $0^g,10$ de bleu de méthylène provoque une augmentation de la pression du sang. Ici encore l'un, tout au moins, des points d'action du colorant, est périphérique, car après la section de la moelle cervicale et des pneumogastriques, l'injection intraveineuse d'une dose de nicotine suffisante pour paralyser les ganglions ne supprime pas le phénomène. Le bleu, d'autre part, n'empêche pas l'action de l'histamine; il n'agit donc ni sur les muscles lisses, ni sur les « myoneural junctions » des artérioles ([3]). Avec la peptone de Witte, au

([1]) C. Heymans et E. Maigre, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 11 juin 1921, p. 45.

([2]) Garfounkel et Gautrelet, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1464.

([3]) Dale and Laidlaw, *Journal of Physiology*, t. 41, 1910, p. 342. — W. Koskowski, *Académie des Sciences de Cracovie*, 1918. — Dale and Richards, *Journal of Physiology*, t. 52, 1918-1919, p. 110.

contraire, l'injection, soit simultanée, soit successive du bleu et de ce corps, nous a donné, suivant les doses, des tracés variables : il y a donc probablement même zone d'action et, peut-être, paralysie de nerfs antagonistes.

L'inscription des changements de volume du rein montre que l'injection de bleu a aussi sur cet organe un effet vaso-constricteur, effet qui commence en même temps, mais dure beaucoup plus, que celui sur les autres vaisseaux, et qui contribue à arrêter la sécrétion urinaire pendant plusieurs minutes.

Enfin, la veine surrénale étant liée, l'excitation de la partie abdominale du nerf splanchnique donne, après injection de bleu et après que l'action hypertensive de ce corps est passée, une augmentation de pression plus forte qu'avant l'injection.

Des expériences précédentes nous croyons pouvoir conclure que le bleu de méthylène a pour les fibres terminales des nerfs parasympathiques une particulière affinité [1]. Il est, en outre, un colorant vital. Étant alors donné un organe qui reçoit des fibres terminales dont on se demande si elles appartiennent au système sympathique ou au système parasympathique, pour trancher la question il suffira de faire, suivant la méthode même d'Ehrlich, *in vivo*, une injection intravasculaire de bleu de méthylène : selon toute probabilité, les fibres parasympathiques seront celles qui prendront le bleu.

Nos solutions étaient à 1 pour 100 dans l'eau salée à 9 pour 1000. Le bleu de méthylène, chimiquement pur, provenait des laboratoires Bruneau. Les chiens mis en expérience pesaient entre 7^{kg} et 10^{kg}.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

---

(1) D'après Ehrlich, le bleu se fixe sur les fibres sensitives, sur les fibres spirales et sur les fibres de certains nerfs. Et les nerfs qu'il nomme, chez le Lapin, sont précisément ceux des muscles lisses et du cœur, le moteur oculaire commun, le phrénique et les laryngés (*Centralblatt für die medicinische Wissenschaften*, n° 8, 1885, et *Biologisches Centralblatt*, 1886-1887, p. 214).

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE JUIN 1921.

The scientific papers of the honourable Henry Cavendish, F. R. S. Volume I : *The electrical researches;* edited by JAMES CLERK, revised by Sir JOSEPH LARMOR. Volume II : *Chemical and Dynamical*, edited by Sir EDWARD THORPE, with contributions by Dr Charles Chree, Sir Frank Watson Dyson, Sir Archibald Geikie, Sir Joseph Larmor. Cambridge, University Press, 1921; 2 vol. 28cm.

Some influences of french science on medicine, par GRAHAM LUSK. (Reprinted from the *Proceedings of the Institute of Medicine* of Chicago, 1921); 1 fasc. 25cm.

Éléments de la théorie des Vecteurs et de la Géométrie analytique, par P. APPELL. Paris, Payot, 1921; 1 vol. 16cm.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco. Fascicule LIX : *Antipathaires provenant des campagnes des yachts* Princesse-Alice *et* Hirondelle II (1903-1913), par CH. GRAVIER. Imprimerie de Monaco, 1921; 1 fasc. 36cm. (Présenté par S. A. S. le Prince de Monaco.)

Traité de Balistique extérieure, par P. CHARBONNIER. Tome I : *Balistique extérieure rationnelle; les théorèmes généraux de la balistique.* Paris, Gauthier-Villars et Doin, 1921; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. le général Sebert.)

Pathologie générale évolutive. L'évolution de l'organisme et la maladie, par le Dr M. KLEPPEL. Paris, Doin, 1921; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Bazy.)

Wytrzymalocs tworzyw, par LÉON KARASINSKI. Varsovie, 1921; 1 vol. 25cm.

Introduction à l'étude de la chirurgie. Les principes directeurs de la chirurgie contemporaine, par le Dr F. CATHELIN. Paris, Baillière et fils, 1921; 1 vol. 19cm.

Nutrition de la plante; échanges d'eau et de substances minérales, par M. MOLLIARD. Paris, Doin, 1921; 1 vol. 18cm. (Présenté par M. Mangin.)

Pasteur et son œuvre, par L. DESCOUR. Paris, Delagrave, 1921; 1 vol. 20cm. (Présenté par M. Roux.)

Mario Cermenati per Leonardo, par GIOVANNI BATTISTA DE TONI. Roma, Industria tipografica romana, 1920; 1 vol. 23cm.

Le vieux Japon, par L.-E. BERTIN. (Cet Ouvrage a été présenté, mais non déposé à la Bibliothèque.)

La stéréoscopie rationnelle, par L. STOCKHAMMER. Paris, Charles Mendel, 1921; 1 vol. 25cm.

Phénomènes psychiques et glandes à sécrétions internes, par le Dr ZÉNOPE. Paris, Le Français, 1921; 1 fasc. 18cm.

Ladislav pracka : Untersuchungen über den lichtwechsel älterer veränderlicher sterne nach den beobachtungen, von Prof. D. VOJTECH SAFAAIK. Volume II. Prag, 1916. (Verlag der königlich böhmischen Gesellschaft der wissenschaften in Prag.)

ERRATA.

(Séance du 11 juillet 1921.)

Note de MM. *Charles Nordmann* et *Le Morvan*, Détermination des températures effectives de quelques étoiles et de leur « color-index » :

Page 73, ligne 13 du Tableau, *au lieu de* K Persée, *lire* $\varkappa$ Persée.
Page 75, ligne 9, *au lieu de* pratiquement infime, *lire* pratiquement infinie.

(Séance du 25 juillet 1921.)

Note de MM. *F. Beaulard de Lenaizan* et *L. Maury*, Sur la conductivité de la solution de citrate cupriammonique comparée à celle du sulfate de cuivre :

Page 228, lignes 35 et 36, *au lieu de* doit être égal au rapport du nombre des ions dans le citrate et dans le sulfate, c'est-à-dire à $\frac{7}{3} = 2,33$, *lire* doit être égal au rapport du nombre des ions dans le citrate et le sulfate, c'est-à-dire à $\frac{7}{2} = 3,5$; l'expérience donne le rapport $\frac{7}{3} = 2,33$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 AOUT 1921.

PRÉSIDENCE DE M. Léon GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **A. Vayssière** adresse un rapport relatif à l'emploi de la subvention de 3000[fr] qui lui a été accordée sur le fonds Bonaparte en 1919.

CORRESPONDANCE.

M. le **Président du Conseil d'Administration de la Fondation Edmond de Rothschild** prie l'Académie de bien vouloir désigner un de ses Membres (Section de Physique) pour remplacer à cette Fondation M. *Gabriel Lippmann*, décédé.

A l'occasion de la pose de la première pierre de la nouvelle bibliothèque de l'Université de Louvain, S. E. le **Cardinal Mercier**, archevêque de Malines, adresse une lettre au Président de l'Institut pour remercier les cinq Académies de l'Institut de France d'avoir envoyé des représentants à cette cérémonie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur, à deux variables.* Note de M. **J. Kampé de Fériet**, transmise par M. Appell.

I. Parmi les *fonctions hypergéométriques les plus générales à deux variables*, une classe particulière apparaît comme la généralisation la plus

directe des quatre fonctions de M. Appell et se distingue par la plus grande simplicité de ses propriétés. Cette classe spéciale est constituée par les fonctions

$$(1)\qquad F(x, y) = \sum_{m,n} \frac{\prod_{i=1}^{i=\mu} (\alpha_i, m+n) \prod_{i=1}^{i=\nu} (\beta_i, m)(\beta'_i, n)}{\prod_{i=1}^{i=\rho} (\gamma_i, m+n) \prod_{i=1}^{i=\sigma} (\delta_i, m)(\delta'_i, n)} \frac{x^m y^n}{(1, m)(1, n)},$$

les seules restrictions nécessaires étant que $\mu + \nu \leq \rho + \sigma + 1$ et qu'aucune des constantes γ_i, δ_i, δ'_i ne soit égale à un entier négatif. Il est clair que les fonctions de M. Appell correspondent aux cas particuliers suivants :

	F_1	F_2	F_3	F_4
μ	1	1	0	2
ν	1	1	2	0
ρ	1	0	1	0
σ	0	1	0	1

On pourrait donner aux fonctions $F(x, y)$, par analogie avec le cas d'une variable (¹), le nom de *fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur*, *l'ordre* de la fonction étant caractérisé par le nombre $\omega = \rho + \sigma$. Une fonction d'ordre ω est *complète* lorsque $\mu + \nu = \omega + 1$. Toute fonction d'ordre ω, telle que $\mu + \nu < \omega + 1$, se déduit par dégénérescence d'une fonction complète de même ordre, comme les fonctions $G(\alpha, \gamma, x)$ de Kummer et $J(\gamma, x)$ de Bessel se tirent de $F(\alpha, \beta, \gamma, x)$ par le procédé que les auteurs anglais appellent *confluence* des singularités.

Le nombre des types différents des fonctions complètes d'ordre ω *est égal à* $\omega(\omega + 3)$. On l'obtient en cherchant le nombre des solutions acceptables du système :

$$\mu + \nu = \omega + 1, \qquad \rho + \sigma = \omega,$$

desquelles on doit exclure les deux combinaisons :

$$\mu = \omega + 1,\ \nu = 0,\ \rho = \omega,\ \sigma = 0 \quad \text{et} \quad \mu = 0,\ \nu = \omega + 1,\ \rho = 0,\ \sigma = \omega,$$

qui donnent pour F respectivement une fonction de $x + y$ et le produit d'une fonction de x par une fonction de y.

Pour l'ordre 1, les fonctions complètes sont représentées par les quatre

(¹) E. Goursat, *Sur les fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur* (*Ann. Éc. Norm.*, t. 12, 1883).

fonctions de M. Appell, les fonctions incomplètes par leurs dégénérescences récemment étudiées par M. P. Humbert ([1]). Le Tableau suivant fournit les dix types de fonctions complètes d'ordre 2 :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
μ	3	3	2	2	2	1	1	1	0	0
ν	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3
ρ	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1
σ	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1

Les fonctions d'ordre 2 incomplètes appartiennent à douze types différents : sept pour lesquelles $\mu + \nu = 2$, quatre pour lesquelles $\mu + \nu = 1$, une pour laquelle $\mu + \nu = 0$.

II. *Toute fonction d'ordre ω vérifie un système de deux équations aux dérivées partielles d'ordre* $\omega + 1$, qui se déduisent, comme cas particulier, des équations générales données dans une Note précédente ([2]). Les polynomes P, Q, R, S, dont la connaissance suffit pour pouvoir former ces équations, ont ici pour expression

$$P = \prod_{i=1}^{i=\mu} (\alpha_i + m + n) \prod_{i=1}^{i=\nu} (\beta_i + m);$$

$$Q = \prod_{i=1}^{i=\mu} (\alpha_i + m + n) \prod_{i=1}^{i=\nu} (\beta'_i + n);$$

$$R = (m+1) \prod_{i=1}^{i=\rho} (\gamma_i + m + n) \prod_{i=1}^{i=\sigma} (\delta_i + m);$$

$$= (n+1) \prod_{i=1}^{i=\rho} (\gamma_i + m + n) \prod_{i=1}^{i=\sigma} (\delta'_i + n).$$

Les polynomes R et S contenant $(m+1)$ et $(n+1)$ en facteur, il convient d'appliquer les formules simplifiées (5) et (5′) ; d'où le système :

$$\begin{aligned} &\Sigma(\rho_{j,k} - \alpha_{j,k} x) x^j y^k p_{j,k} = 0 \\ &\Sigma(\sigma_{j,k} - \beta_{j,k} y) x^j y^k p_{j,k} = 0 \end{aligned} \qquad \left(p_{j,k} \equiv \frac{\partial^{j+k} F}{\partial x^j \, \partial y^k}\right).$$

Les coefficients $\alpha_{j,k}$, $\beta_{j,k}$, $\rho_{j,k}$, $\sigma_{j,k}$ sont des combinaisons linéaires à coeffi-

([1]) P. Humbert, *The confluent hypergeometric Functions of two Variables* (*Proc. r. Soc. Edinburgh*, vol. 41, Part I, n° 9).

([2]) *Sur les systèmes d'équations aux dérivées partielles des fonctions hypergéométriques les plus générales* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1634).

cients entiers, respectivement, d'expressions de la forme

$$S_p(\alpha_i)S_q(\beta_i); \quad S_p(\alpha_i)S_q(\beta'_i); \quad S_p(\gamma_i)S_q(\delta_i); \quad S_p(\gamma_i)S_q(\delta'_i),$$

le symbole $S_p(\alpha_i)$ désignant la somme des produits p à p des μ quantités α_i et les autres ayant des significations analogues.

Par exemple, la fonction complète d'ordre 2 et du type 10

$$F(x, y) = \sum_{m,n} \frac{(\beta_1, m)(\beta'_1, n)(\beta_2, m)(\beta'_2, n)(\beta_3, m)(\beta'_3, n)}{(\gamma, m+n)(\delta, m)(\delta', n)(1, m)(1, n)} x^m y^n$$

vérifie le système de deux équations du troisième ordre

$$\begin{aligned} &x^2(1-x)p_{3,0} + xyp_{2,1} + [\gamma + \delta + 1 - (3 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3)x]xp_{2,0} + \delta y p_{1,1} \\ &\quad + [\gamma\delta - (1 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_1\beta_2 + \beta_2\beta_3 + \beta_3\beta_1)x]p_{1,0} - \beta_1\beta_2\beta_3 p_{0,0} = 0, \\ &y^2(1-y)p_{0,3} + xyp_{1,2} - [\gamma + \delta' + 1 - (3 + \beta'_1 + \beta'_2 + \beta'_3)y]yp_{0,2} + \delta' x p_{1,1} \\ &\quad + [\gamma\delta' - (1 + \beta'_1 + \beta'_2 + \beta'_3 + \beta'_1\beta'_2 + \beta'_2\beta'_3 + \beta'_3\beta'_1)y]p_{0,1} - \beta'_1\beta'_2\beta'_3 p_{0,0} = 0. \end{aligned}$$

Soit encore la fonction d'ordre 2, mais incomplète ($\mu + \nu = 0$).

$$\Phi(x, y) = \sum_{m,n} \frac{1}{(\gamma, m+n)(\delta, m)(\delta', n)(1, m)(1, n)} x^m y^n$$

qui se déduit par dégénérescence de la précédente en supposant tous les β et β' égaux à $\frac{1}{\varepsilon}$ et en remplaçant x et y par $\varepsilon^3 x$ et $\varepsilon^3 y$, puis en faisant tendre ε vers 0.

En passant à la limite dans le système vérifié par F, on en tire pour Φ

$$\begin{aligned} &x^2 p_{3,0} + xy p_{2,1} + (\gamma + \delta + 1)xp_{2,0} + \delta y p_{1,1} + \gamma\delta p_{1,0} - p_{0,0} = 0, \\ &y^2 p_{0,3} + xy p_{1,2} + (\gamma + \delta' + 1)yp_{0,2} + \delta' x p_{1,1} + \gamma\delta' p_{0,1} - p_{0,0} = 0. \end{aligned}$$

MÉCANIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Résistance tangentielle et radiale d'un fluide sur un corps qui tourne. Application à l'isochronisme du pendule conique par une force centrale.* Note (¹) de M. **R. Serville**, transmise par M. Paul Sabatier.

A. Entretien d'un manège. — Mon dispositif a le double avantage de donner la valeur du couple moteur et de n'introduire que de faibles frottements. Un axe vertical sur pivot porte une poulie P, entraînée par un fil sans fin, et deux bras opposés, au bout desquels sont fixés les corps à

(¹) Séance du 16 août 1921.

étudier (disques en carton, sphères, hémisphères en celluloïd, etc.). La portion de fil qui s'éloigne de P passe sur une poulie de renvoi, descend verticalement, fait un demi-tour sur la poulie Q, monte, fait un demi-tour sur la poulie R, descend, fait un demi-tour sur la poulie S, monte, passe sur une poulie de renvoi et revient sur P. Les poulies moufflées Q et S portent, la première un plateau et des poids, la seconde un pont dont les pieds plongent dans deux godets remplis d'eau acidulée. P tourne sous l'action de la différence des poids q et s des poulies Q et S et de leurs accessoires. Par tour de P, de diamètre R, Q descend et S monte de πR : d'où travail moteur $(q-s)\pi R$ et couple moteur $(q-s)R:2$ indépendant de la vitesse de rotation du manège. Si R était immobile, le mouvement s'arrêterait bientôt. Pour l'entretenir, une dynamo, montée avec le pont en dérivation sur le secteur, actionne R dans le sens qui remonte Q. Si le moteur va plus vite que ne le demande le mouvement de P, le pont descend dans l'eau acidulée, la résistance électrolytique de la dérivation diminue, le courant qui la traverse augmente, tandis que diminue celui qui alimente la dynamo. Si le moteur va trop lentement, c'est l'inverse. Au bout de quelques oscillations, le pont se fixe dans une position telle que la vitesse de la dynamo correspond à celle que la charge $(q-s)$ impose à P.

B. Mesure de la composante tangentielle R_t (normale au bras) de la résistance. — J'ai montré que le couple moteur est indépendant de la vitesse de rotation du système. Si le couple résistant Γ, dû aux frottements du manège et à la résistance de l'air sur le corps en expérience, était aussi indépendant de la vitesse angulaire ω, celle-ci serait indéterminée. Γ croissant avec ω, elle augmente jusqu'à la limite pour laquelle les couples sont égaux

$$(q-s)R:2=\Gamma(\omega). \tag{1}$$

A chaque valeur de $(q-s)$ correspond une valeur de ω. Je détermine expérimentalement la courbe $\Gamma(\omega)$. Supprimons le corps en expérience, laissons tourner les bras, déterminons la nouvelle courbe $j(\omega)$. La présence du corps augmente le couple résistant de la différence

$$\Phi(\omega)=\Gamma(\omega)-j(\omega).$$

La loi $\Phi(\omega)$ s'obtient avec une approximation de l'ordre du $\frac{1}{1000}$, le couple j et surtout ses variations (les seules qui troublent la vitesse de régime) étant petits devant Γ. Si l'on connaît la distance r de l'axe au point d'application de la résistance, on calcule R_t par $\Phi(\omega)=r.R_t$.

C. Existence, mesure, applications de la composante radiale R_r (parallèle au bras) de la résistance. — *a. Utilisation du manège pour l'entretien du pendule conique.* — Le manège est placé sous le pendule, l'axe dans la verticale du point de suspension. Le bras pousse la pointe du pendule qui s'écarte de la verticale pour une valeur suffisante du poids q. Le couple résistant Γ croît comme le cube de l'angle au sommet θ : le bras de levier variant comme θ, la résistance de l'air sur le pendule comme θ^2. La vitesse angulaire ω croît lentement avec θ d'après

$$(3) \qquad T = 2\pi\sqrt{l\cos\theta : g}.$$

Au bout de quelques instants θ se fixe, T reste constant à quelques cent-millièmes, les variations de j étant petites devant Γ.

b. Composante radiale prouvée par la répulsion du mur. — Pour utiliser le pendule conique à régler un appareil, on doit augmenter les résistances qui croissent avec θ. Pour cela je fixe au bout du pendule une petite sphère qui barbote dans un liquide (eau, huile) remplissant un réservoir cylindrique annulaire placé sous le bras. La courbe expérimentale $T(\theta)$ ne coïncide plus avec la courbe (3). Elle se relève au voisinage de la paroi intérieure du réservoir, s'abaisse près de la paroi extérieure. La courbe (3) est obtenue en décomposant le poids du pendule selon la direction du fil de suspension et selon l'horizontale, et en écrivant que cette dernière composante $mg \operatorname{tang}\theta$ équilibre la force centrifuge $m\omega^2 r$, r désignant la distance du centre de gravité du pendule à l'axe. Le résultat expérimental s'explique en ajoutant une répulsion de la paroi. Près de la paroi intérieure, elle s'ajoute à la force centrifuge et pour une même valeur de θ_0, on a

$$(4) \qquad mg \operatorname{tang}\theta_0 = m\omega_0^2 r_0 = m\omega^2 r_0 + R_r.$$

On trouve bien

$$\omega < \omega_0, \qquad T > T_0$$

et l'inverse près de la paroi extérieure. Vérifions l'hypothèse directement. La boule décrivant un parallèle équidistant des parois verticales du réservoir, je mesure T_0. En disposant de q, je conserve à θ_0 sa valeur et j'introduis successivement une cloison cylindrique intérieurement au parallèle, la période est T_i; puis, extérieurement, la période est T_e : je trouve bien

$$T_i > T_0 > T_e.$$

c. Mesure de la composante radiale R_r. — Je mesure T avant et après

l'introduction de R_r. D'après (4), on a

$$R_r = m r_0 (\omega_0^2 - \omega^2) = 8\pi^2 m r_0 \Delta T : T^3.$$

On augmente la sensibilité en diminuant m, r_0 et en augmentant T. En mesurant $\Delta T : T$ à une approximation du cent-millième on obtient sur R_r celle de la dyne.

d. Application à l'isochronisme du pendule conique. — Ce qui précède amène à chercher quelle force radiale R_r il faut appliquer au pendule pour rendre

$$T \equiv T(\theta_0) \quad \text{ou} \quad \Delta T : T \equiv 0.$$

Le calcul montre que R_r, nulle pour $\theta = 0$, doit être d'abord centripète, croître jusqu'à un maximum pour $\theta = \theta_1$, décroître jusqu'à 0 pour $\theta = \theta_0$, puis devenir centrifuge. Parmi les dispositifs susceptibles d'obtenir ce résultat, le plus simple crée une force constante et isochronise autour du maximum θ_1. La pointe du pendule, de poids mg, enfile un anneau auquel est attaché un fil. Ce fil passe sur une poulie montée sur couteau et porte à son extrémité un poids $m'g$.

Le calcul donne

$$m' = m \operatorname{tang}^3 \theta_1.$$

m' est indépendant de la longueur du pendule et de celle du fil qui supporte $m'g$. Le système est pratiquement indéréglable. Deux pendules ainsi isochronisés, comparés par une méthode de coïncidence, ont des marches qui diffèrent de moins de $\frac{1}{1000000}$.

e. Action réciproque de deux corps. — Je me propose d'étudier l'action réciproque de deux corps (disques, sphères, cylindres) tournant concentriquement avec leurs centres sur le même rayon.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le mouvement d'une particule dans le champ d'un noyau chargé* (¹). Note de M. **K. Ogura**, transmise par M. Émile Borel.

Si nous prenons la quantité

$$[m_2] = c m_2 \frac{dt}{ds}$$

comme *masse effective*, nous avons

$$[m_2] = \frac{m_2}{\sqrt{\gamma - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

(¹) Voir la Note précédente du même titre (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 348).

Il est remarquable que

$$[m_2]_{v=0} = \frac{m_2}{\sqrt{\gamma}} \neq m_2, \qquad [c][m_2]_{v=0} = c m_2,$$

$$[m_2] v^2 = \mathrm{T} + \mathrm{T}_1 = \dot{r}\frac{\partial \mathrm{T}_1}{\partial \dot{r}} + \dot{\Phi}\frac{\partial \mathrm{T}_1}{\partial \dot{\Phi}},$$

$$[m_2] - [m_2]_{v=0} = \frac{\mathrm{T}}{[c]^2}$$

$[c]$ $(= c\sqrt{\gamma})$ désignant la *vitesse de la lumière*. Et les équations du mouvement peuvent se mettre sous la forme

$$\frac{d}{\sqrt{\gamma}\,dt}\left([m_2]\frac{d}{\sqrt{\gamma}\,dt}r\right) - [m_2]\frac{\omega^2}{r^3} = \frac{\varepsilon_1\varepsilon_2}{r^2} - k\frac{m_1[m_2]}{r^2} + \frac{k\varepsilon_1^2}{c^2}\frac{[m_2]}{r^3},$$

$$[m_2]\omega = h \qquad (\omega = r^2\dot{\Phi}),$$

tout à fait analogue aux formules de la mécanique classique.

Application à la théorie des quanta. — On peut démontrer que *l'intégrale de l'action*

$$\int(\mathrm{T} + \mathrm{T}_1)\,dt = \int p_r\,dr + p_\Phi\,d\Phi,$$

$$\left(p_r = \frac{\partial \mathrm{T}_1}{\partial \dot{r}}, \quad p_\Phi = \frac{\partial \mathrm{T}_1}{\partial \dot{\Phi}}\right)$$

est un invariant adiabatique, si les paramètres variables sont contenus dans l'énergie potentielle, mais pas dans $\mathrm{T} + \mathrm{T}_1$.

Appliquons ce résultat à la théorie des *spectres* en utilisant les raisonnements de M. Sommerfeld. Alors nous trouvons la formule

$$(n, n') = \mathrm{N}\left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}\right)^2\left[\frac{\lambda}{(n+n')^2} + \frac{\alpha^2}{(n+n')^4}\left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}\right)^2\left(\frac{1}{4} + \frac{n'}{n}\lambda\right) + \ldots\right],$$

où

$$\lambda = 1 + \frac{2km_1m_2}{\varepsilon_1\varepsilon_2}$$

au lieu de la formule de Sommerfeld [1]

$$(n, n') = \mathrm{N}\left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}\right)^2\left[\frac{1}{(n+n')^2} + \frac{\alpha^2}{(n+n')^4}\left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}\right)^2\left(\frac{1}{4} + \frac{n'}{n}\right) + \ldots\right]$$

Dans le cas de l'hydrogène nous avons

$$\varepsilon_2 = -\varepsilon_1, \qquad \lambda = 1 - 9{,}1 \times 10^{-40}.$$

---

(1) A. Sommerfeld, *Atombau und Spektrallinien*, 2e édition, p. 334.

OPTIQUE. — *Dépolarisation de la lumière par les liquides tenant en suspension des particules cristallines* [1]. Note de M. St. Procopiu.

En introduisant une liqueur mixte entre un polariseur et un analyseur à pénombre, on constate, *en dehors de tout champ* électrique ou magnétique que les azimuts d'égalité d'éclairement des deux plages se déterminent mal, les plages étant trop éclairées, et dans le cas des grandes concentrations en particules, en tournant le nicol analyseur, les deux plages restent incessamment lumineuses; ce qui n'arrive pas avec les liquides purs. J'ai attribué ce fait à la dépolarisation de la lumière par les suspensions du liquide et j'ai cherché à l'étudier par la méthode du biréfringent de Cornu.

Dispositif expérimental. — Un faisceau de lumière ($0,578^{\mu}$) traverse successivement un polariseur, le tube avec le liquide à étudier, un biréfringent à deux images, un nicol analyseur et une lunette. On arrange l'analyseur à l'extinction et l'on introduit ensuite, entre les nicols, un biréfringent, qu'on tourne dans sa bonnette jusqu'à ce que les deux images disparaissent; dans ce cas les sections principales du biréfringent et de l'analyseur sont parallèles. Si l'on introduit un liquide dépolarisant, l'une des images va apparaître; en faisant tourner l'analyseur, l'autre image apparaît aussi et, pour un angle α, on aura leur égalité d'éclat. Si N est l'intensité de la lumière dépolarisée et P celle polarisée, les deux images deviennent égales lorsque

$$\text{(1)} \qquad \operatorname{tang}^2\alpha = \frac{N}{N+P} = \rho.$$

Le rapport ρ mesure la proportion de lumière dépolarisée.

Si les verres de fermeture du tube sont biréfringents, l'extinction par le prisme biréfringent n'est pas complète au début. En effet, mettons entre le polariseur et le biréfringent une lame cristalline, dont la section principale fait l'angle φ avec la section du biréfringent. Il y aura deux images, d'intensités [2]

$$I_1 = \sin^2 2\varphi \sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda} \qquad \text{et} \qquad I_2 = 1 - \sin^2 2\varphi \sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda}$$

$\left(\frac{\pi\delta}{\lambda} = \beta\right.$ est la biréfringence de la lame pour la radiation $\left.\lambda\right)$. L'analyseur

(1) Séance du 8 août 1921.

(2) P. Drude, *Précis d'Optique*, t. 2, p. 106.

amènera ces deux images à l'égalité d'éclat lorsque

$$(2) \qquad \tan^2\alpha = \frac{I_1}{I_2} = \frac{\sin^2 2\varphi \sin^2\beta}{1 - \sin^2 2\varphi \sin^2\beta}.$$

Cette formule (2) se vérifie bien, en cherchant l'angle α, pour la lumière ayant traversé une lame de verre comprimée, de biréfringences connues. Afin que la biréfringence des substances introduites sur le trajet n'intervienne pas dans la mesure de la dépolarisation, il faut s'arranger pour que φ soit nul.

Résultats. — 1. Dans le Tableau suivant est donnée la dépolarisation produite par diverses liqueurs mixtes et divers précipités, pour des concentrations qualitativement équivalentes en particules :

Suspension.	α.	ρ pour 100.
	°	
Eau ordinaire	0	0
Sulfure de carbone et solutions diverses	0,5	0,008
Alun-pétrole	1	0,03
Sel gemme-pétrole	2	0,1
AgCl précipité-eau	2	0,1
Soufre cristallisé-pétrole	3	0,3
Verre pilé-pétrole	5	0,8
Quartz-pétrole	6	1,1
$AlCl^3 + SO^4K^2$ précipité	8	2,1
Benzoate chaux-pétrole	22	16
CO^3Ca précipité	26	24
Spath-eau	33	42
Tartrate K précipité	29	31
Acide borique-pétrole	36	53
Solution $FeCl^3$	26	27

Il en résulte que la dépolarisation est pratiquement nulle pour les liquides purs, et extrêmement réduite pour les suspensions non cristallines ou cristallisant dans le système cubique (alun, sel gemme, chlorure d'argent); et qu'elle est puissante pour les suspensions biréfringentes. Un fait intéressant à remarquer est que la solution de chlorure ferrique, qui montrait un dichroïsme positif dans le champ magnétique, était fortement dépolarisante; il est donc possible que les particules colloïdales qui donnent l'effet Majorana soient cristallines et biréfringentes.

2. La dépolarisation croît avec la concentration en particules de la liqueur. Un exemple : on produit un précipité de CO^3Ca (d'une solution diluée d'azotate de chaux et d'une de carbonate de sodium) et l'on obtient

des concentrations différentes du précipité en diluant avec de l'eau. Voici les mesures des dépolarisations :

Concentration C.	α	$100\frac{\alpha}{C}$
100	23°,1	23,1
66	16,4	24,8
44	11,1	25,2
29	6,0	20,3
19	3,6	19
12,5	2,5	20
8,4	1,6	19

On voit, d'après ce Tableau, que l'angle de dépolarisation α, en degrés, est proportionnel à la concentration C de la suspension $\left(\text{c'est-à-dire que le rapport } \frac{C}{\alpha} \text{ est constant}\right)$, au moins pour les petites concentrations.

La dépolarisation par les suspensions pourrait être due aux réflexions multiples sur les surfaces des particules, ce qui est probable pour les grosses particules, ou aux rayons diversement polarisés après la traversée des particules biréfringentes. L'expérience a montré que cette seconde cause prend une place plus importante dans la production de la dépolarisation.

Si la lumière traverse une lame de biréfringence β, alors la formule (2) nous donnera le rapport des intensités des deux images. Mais si la lumière traverse une série de lames ou de particules d'égales épaisseur et biréfringence, et disposées au hasard, les vibrations qui les traversent ont tous les azimuts possibles, et par suite la lumière est dépolarisée. Le rapport des deux images sera donné par une formule du genre (2), mais dans laquelle interviendra la biréfringence $n\beta$, et, de cette façon, l'angle de dépolarisation α sera proportionnel à n, le nombre des particules [1].

La mesure de la dépolarisation peut être employée à l'étude de la formation des précipités cristallins, en permettant de déceler des quantités de l'ordre de $0^{g},005$ par litre (dans le cas du CO^3Ca), et peut rendre service dans l'étude des colloïdes, pour trouver l'anisotropie des particules.

---

(1) Si dans la formule (2) on prend la moyenne de $\sin^2 2\varphi$, elle deviendra $\tan^2\alpha = \frac{\sin^2 n\beta}{2 - \sin^2 n\beta}$, et le calcul montre que le rapport $\frac{\alpha}{n}$ est sensiblement constant jusqu'à des valeurs de α, qui ne dépassent pas 27°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la transformation du fer au point de Curie.* Note (¹) de M. **P. Dejean**, transmise par M. H. Le Chatelier.

On est encore loin d'être d'accord sur la nature de la transformation qui s'accomplit dans le fer au point de Curie. Suivant les uns, cette transformation est essentiellement allotropique; suivant d'autres, au contraire, elle est d'origine purement magnétique.

Nous allons rapporter ici quelques essais qui ont été entrepris dans le but de contribuer à éclaircir un peu cette question.

Nous avons disposé au centre d'un solénoïde suffisamment long pour que l'influence des bouts soit assez faible, un barreau cylindrique d'acier extra-doux, ayant $1^{m}200^{mm}$ de longueur et 20^{mm} de diamètre.

Une bobine d'épreuve disposée sur la partie centrale du barreau permet de déterminer, au moyen d'un balistique étalonné, la variation du flux qu'il subit lorsqu'on inverse le courant dans le solénoïde. C'est ainsi que nous avons pu établir la courbe $\mathfrak{B} = f(\mathfrak{H})$ représentée figure 1 sous la désignation $E = 0$.

Nous avons alors substitué au barreau monobloc dont nous venons de parler, un barreau à peu près identique, mais constitué par un empilage de 120 cylindres de 20^{mm} de diamètre et de 10^{mm} de longueur. Le métal de ces cylindres a été pris dans le même lingot et traité de la même façon que celui du barreau précédent. Malgré l'ajustage soigné de ces 120 cylindres, ils ne plaquent pas sans laisser entre eux de petits intervalles d'air.

En comparant la densité apparente du cylindre ainsi constitué, à la densité réelle de l'acier, nous avons pu évaluer à $0^{mm},065$ la valeur moyenne de l'entrefer existant ainsi entre chaque cylindre.

En opérant comme il a été dit pour le cylindre monobloc, avec une bobine d'épreuve de 200^{mm} de longueur (de manière que le flux observé soit bien le flux moyen qui traverse les cylindres d'acier et les entrefers, dans la région centrale de l'empilage), on obtient la courbe $E = 0,065$ de la figure 1.

En interposant ensuite entre chaque cylindre, des papiers, des cartons, ou même des cylindres de bois, d'épaisseur rigoureusement régulière, et en opérant toujours de même, nous avons obtenu successivement les courbes $E = 0,27$; $E = 1,2$; $E = 2,6$; $E = 5$ de la figure 1.

(¹) Séance du 16 août 1921.

Les différentes valeurs de E indiquent en millimètres les épaisseurs d'entrefers que nous avions ainsi établies entre chacun des 120 cylindres d'acier.

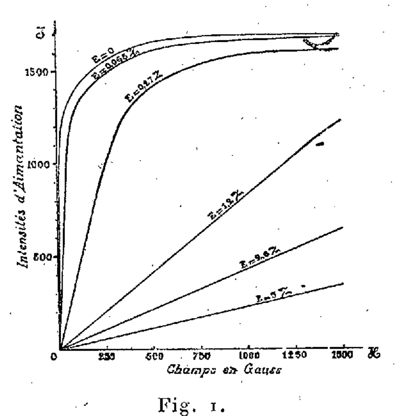


Fig. 1.

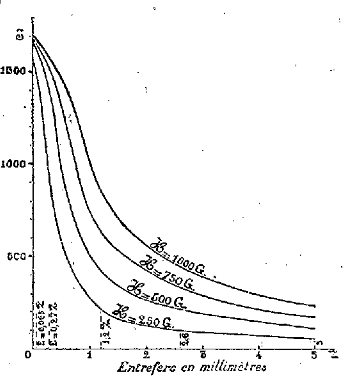


Fig. 2.

Si maintenant nous relevons sur les courbes de notre figure 1. pour différentes valeurs du champ (250, 500, 750 et 1000 gauss, pour fixer les idées), quelles sont les valeurs correspondantes des intensités d'aimantation dans les différentes courbes, et que nous construisions avec ces résultats, pour chaque valeur du champ choisie, une courbe $\mathfrak{I} = f(\mathrm{E})$, nous obtenons alors une nouvelle famille de courbes, représentée figure 2.

On voit que lorsqu'on augmente progressivement les entrefers des 120 cylindres, l'intensité d'aimantation moyenne qui traverse l'empilage ne décroît pas linéairement. La décroissance, d'abord lente, prend ensuite une allure extrêmement rapide, puis se ralentit progressivement pour devenir presque négligeable.

Un simple coup d'œil jeté sur ce faisceau de courbes $\mathfrak{I} = f(\mathrm{E})$ montre son analogie avec le faisceau de courbes $\mathfrak{I} = f(\theta)$ établi par Curie[1], et dans lequel θ représente la température.

Ainsi l'on obtiendrait un résultat du même ordre, en substituant à l'action de températures progressivement croissantes, celle d'entrefers d'épaisseur progressivement croissante.

Cette analogie peut s'expliquer très simplement. Il suffit d'admettre que l'élévation de température provoque un écartement progressif des aimants élémentaires, analogue à celui que nous avons réalisé expérimentalement avec nos entrefers variables.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. 5, 1895, p. 403, fig. 15.

Quel est maintenant le mécanisme de cet écartement?

On peut très bien le concevoir, suivant l'hypothèse récente émise par M. Chevenard pour les ferronickels réversibles (¹), par la transformation progressive d'une forme α magnétique, stable à froid, en une forme β isomorphe, non magnétique, stable à chaud; cette transformation amenant une dilution, progressive également, des éléments magnétiques ou aimants élémentaires, dans une masse non magnétique.

Mais si cette dilution est assez vraisemblable dans certains cas, elle n'est pas obligatoirement nécessaire. L'effet thermique pourrait expliquer à lui seul, dans d'autres cas, l'écartement progressif des aimants élémentaires.

En résumé, la discontinuité apparente qui se produit au point de Curie dans les propriétés magnétiques peut très bien s'expliquer par une action continue : transformation progressive d'une forme α en une forme β isomorphe; ou simplement écartement progressif des aimants élémentaires par l'élévation progressive de la température.

Il faut noter, en outre, que la température à laquelle se produit la chute brusque du magnétisme d'un corps ferromagnétique, correspond à un certain degré dans l'écartement des aimants élémentaires, mais non à la disparition totale de ces aimants. On ne s'expliquerait pas, en effet, si l'on admettait cette dernière manière de voir, comment la température du point de Curie s'élève avec la valeur du champ.

Nos courbes, au contraire, donnent une explication très simple de cette action.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence d'un glucoside dédoublable par l'émulsine dans deux espèces du genre* Melampyrum. Note de M. **Marc Bridel** et Mlle **Marie Braecke**, présentée par M. L. Guignard.

Les Mélampyres sont des plantes de la famille des Scrofulariacées, qui possèdent la propriété de noircir pendant la dessiccation.

Par analogie avec ce qui se passe dans un certain nombre d'autres plantes, nous avons pensé que ce noircissement, au cours de la dessiccation, pouvait être dû à la décomposition d'un principe de nature glucosidique.

Pour vérifier cette supposition, nous avons appliqué à deux espèces du genre *Melampyrum : M. arvense* L. et *M. pratense* L., la méthode biochimique de recherche des glucosides de Bourquelot.

(¹) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1655.

Nous donnons ci-dessous le résultat de ces deux essais biochimiques qui ont été faits sur des extraits liquides, aqueux, dont 100^{cm^3} correspondaient à 100^{g} de plantes fraîches :

Melampyrum arvense L. — L'essai a porté sur la plante entière, fleurie, cueillie aux environs de Mantes le 9 juin 1921 et traitée par l'alcool bouillant 24 heures après.

On a obtenu les résultats suivants :

Rotation initiale ($l = 2$)	$-5°28'$
Sucre réducteur initial pour 100^{cm^3}	$0^{g},154$

Remarquons d'abord la forte rotation gauche qui est en faveur de la présence d'un glucoside lévogyre.

La quantité de sucre réducteur initial est faible.

On a fait agir l'invertine. L'examen du liquide a donné, après l'action du ferment :

Rotation après l'action de l'invertine	$-5°34'$
Sucre réducteur pour 100^{cm^3}	$0^{g},226$

Soit un changement de déviation vers la gauche de 6′ et formation de $0^{g},072$ de sucre réducteur pour 100^{cm^3}. Remarquons que l'action de l'invertine est excessivement faible et que les plantes phanérogames renferment généralement une plus forte quantité de sucres hydrolysables par l'invertine, sucre de canne libre ou combiné.

On a fait agir ensuite l'émulsine. Sous l'action du ferment, le liquide a pris rapidement une teinte noire très foncée, puis il s'est fait un abondant précipité noir. Malgré la défécation à l'extrait de Saturne, l'examen polarimétrique était impossible et il a fallu décolorer, au noir animal, la liqueur déféquée pour parvenir à l'examiner.

Après une action de 29 jours, on a obtenu les résultats suivants :

Rotation après action de l'émulsine	$+1°12'$
Sucre réducteur pour 100^{cm^3}	$1^{g},390$

Il y a donc eu un changement de déviation vers la droite de 6°46′ avec formation de $1^{g},164$ de sucre réducteur, soit un indice de réduction de 172.

Melampyrum pratense L. — L'essai a été effectué sur la plante entière, cueillie le 14 juin dans la forêt de Fontainebleau et traitée le lendemain par l'alcool bouillant.

Les résultats ont été les suivants :

Rotation initiale ($l = 2$)	$-4°57'$
Sucre réducteur initial pour 100^{cm^3}	$0^{g},168$
Rotation après action de l'invertine	$-5°2'$
Sucre réducteur après action de l'invertine	$0^{g},226$
Rotation après action de l'émulsine	$+58'$
Sucre réducteur après action de l'émulsine	$1^{g},190$

L'invertine n'a produit qu'un changement de déviation vers la gauche de 5′, avec formation de 0g,058 de sucre réducteur. Ces résultats sont tout à fait comparables à ceux qu'on a obtenus dans l'essai précédent.

Sous l'action de l'émulsine, exactement comme dans l'essai du *M. arvense* L., on a vu le liquide prendre très rapidement une coloration noire intense, puis il s'est fait un abondant précipité noir.

Pour l'examen au polarimètre il a fallu également décolorer au noir animal le liquide déféqué à l'extrait de Saturne.

Il s'est fait, sous l'action du ferment, un changement de déviation vers la droite de 6°, avec formation de 0g,972 de sucre réducteur, ce qui représente un indice de 162, à rapprocher de celui qu'on a obtenu dans l'essai précédent, 172.

En résumé, la méthode biochimique de recherche des glucosides de Bourquelot, appliquée au *Melampyrum arvense* L. et au *Melampyrum pratense* L., nous a permis de reconnaître, dans ces deux plantes, la présence, en forte quantité, d'un glucoside hydrolysable par l'émulsine. Au cours du dédoublement de ce glucoside, il se fait un produit noir insoluble et il est permis de supposer, d'après cela, que le noircissement de ces plantes pendant leur dessiccation provient du dédoublement du glucoside qu'elles renferment.

Quel peut être ce glucoside?

En s'appuyant sur la propriété qu'il possède de donner, par hydrolyse, un produit noir insoluble et sur les indices de réduction obtenus dans les essais, 172 et 162, on peut penser à la présence de l'aucubine, glucoside retiré par Bourquelot et Hérissey des graines d'*Aucuba japonica* L. (1), et retrouvé par L. Bourdier dans différentes espèces du genre *Plantago* (2).

L'aucubine possède un indice de réduction théorique de 144 et donne, sous l'action de l'émulsine, un produit noir insoluble.

Mais, seule, l'extraction à l'état pur du glucoside des Mélampyres permettra de confirmer cette hypothèse.

---

(1) *Sur un glucoside nouveau, l'aucubine, retiré des graines d'*Aucuba japonica *L.* (*Comptes rendus*, t. 134, 1902, p. 1441).

(2) *Sur la présence de l'aucubine dans les différentes espèces du genre* Plantago (*Journ. Pharm. Chim.*, 6e série, t. **26**, 1907, p. 254).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Du principe antiscorbutique dans le jus de pomme de terre extrait en présence d'acides.* Note de M. **Bezssonoff**, présentée par M. Roux.

Ainsi que j'ai pu le constater [1], alors que la pomme de terre crue non broyée exerce une forte action antiscorbutique, son jus extrait à la presse ne possède plus qu'une action faible.

L'addition à ce jus du marc résultant de la pression n'augmente que très peu sa valeur curative.

En somme, il suffit de broyer la pomme de terre pour que momentanément disparaisse la plus grande partie de sa richesse en principe antiscorbutique.

Ce fait et plusieurs données de la littérature me permettaient de penser que l'instabilité du principe antiscorbutique est due, en grande partie, à l'action enzymatique et particulièrement à l'action d'une oxydase (la laccase d'après M. Gabriel Bertrand).

Pour vérifier cette supposition, il semblait nécessaire de procéder à l'extraction du jus dans des conditions telles que l'action de l'oxydase soit entravée au moment même de cette extraction.

Ainsi que l'a démontré G. Bertrand (1907), différents acides, parmi lesquels les acides citrique et tartrique, employés à de très faibles concentrations, paralysent complètement l'action de la laccase.

Aussi pour éliminer l'action de l'oxydase de la pomme de terre pendant l'extraction du jus à la presse hydraulique, il fut décidé d'opérer en présence d'acide citrique ou d'acide tartrique. A cet effet, avant la pression, 200g de pomme de terre furent saupoudrés de 5g du mélange suivant : 1 partie d'acide citrique ou tartrique pour 4 parties de saccharose. Il a été reconnu que l'acide citrique et le saccharose n'exercent aucune action antiscorbutique.

Le jus extrait en présence d'acide citrique accuse par titrage une concentration en poids de cet acide cristallisé variant entre 0,59 et 0,77 pour 100. Les concentrations indiquées étaient plus que suffisantes pour empêcher l'action de la laccase. Dans le jus extrait en présence d'acide, aucun noircissement n'apparaît, même plusieurs heures après son extraction; par contre,

[1] Bezssonoff, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 92, et *Bull. Soc. Hyg. Alim.*, t. 8, n° 10, 1920.

le jus extrait sans addition d'acide est toujours teinté de gris au moment de sa sortie, et prend une couleur encre une demi-heure environ après l'extraction.

Les concentrations du jus extrait en présence d'acide tartrique varièrent entre 0,6 et 0,83 pour 100 en poids de cet acide cristallisé. Ce jus ne montrait également aucun brunissement. L'effet antiscorbutique des jus extraits en présence d'acide et sans acide fut étudié sur cobayes nourris au régime avoine-eau.

Les expériences eurent pour objet :

1° Tout d'abord de comparer l'action antiscorbutique du jus de pomme de terre ayant hiverné extrait à la presse hydraulique : (*a*) sans acide (jus simple); (*b*) en présence d'acide citrique.

Les résultats indiquent nettement la supériorité du jus extrait en présence d'acide citrique :

Quatre cobayes soumis au régime avoine-eau reçurent 15^{cm^3} de jus simple par animal-jour. Le jus fut dosé aux animaux immédiatement après son extraction.

Les quatre cobayes succombèrent au 24e, 32e, 34e, 36e jour de ce régime.

Trois cobayes, soumis également au régime avoine-eau, recevaient 15^{cm^3} de jus extrait en présence d'acide citrique.

L'un des cobayes refusa d'absorber le jus au bout du 30e jour et mourut le 45e. Symptômes de scorbut à l'autopsie : hémorragies; les molaires s'enlèvent facilement.

Un autre cobaye fut tué le 64e jour, aucune trace de scorbut.

Le troisième cobaye succomba le 75e jour. Symptômes de scorbut.

La fragilité osseuse (manque du facteur A) fut observée à l'autopsie des trois cobayes.

En second lieu, on compara l'action antiscorbutique du jus de pomme de terre nouvelle extrait : (*a*) sans acide; (*b*) en présence d'acide tartrique.

La dose quotidienne du jus donné aux cobayes était deux fois moindre que celle de l'expérience précédente.

Les résultats furent les suivants :

1° L'effet du jus extrait en présence d'acide tartrique est nettement supérieur à celui du jus simple.

2° Le jus simple extrait de pommes nouvelles a une plus forte action antiscorbutique que le jus extrait de pommes hivernées.

Quatre cobayes reçurent une dose de $7^{cm^3},5$ de jus simple par animal-jour. Ils succombèrent le 36e, 38e, 39e, 43e jour.

Trois cobayes reçurent 7^{cm^3},5 de jus extrait en présence d'acide tartrique.

Deux cobayes moururent au 54e jour, l'un avec des lésions scorbutiques bien caractérisées et de la fragilité osseuse, l'autre sans aucune trace de scorbut.

Le troisième cobaye succomba au 60e jour, sans trace de scorbut, mais fragilité osseuse; la fragilité osseuse, souvent observée à l'autopsie, semble indiquer la pauvreté du jus de pomme de terre en facteur A (facteur de croissance soluble dans les graisses), l'avoine étant, comme on le sait, presque entièrement dépourvue de ce facteur.

La longévité des cinq cobayes témoins mis au régime avoine-eau fut : 17, 25, 26 (deux cobayes) et 27 jours.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la prévision du temps à long terme.*
Note de M. **Jean Mascart**, transmise par M. J. Violle.

La prévision du temps est un exercice très captivant; et, pendant ces dernières années, on a vu éclore de nombreuses vocations météorologiques. Mais trop souvent le problème est mal défini, et le contrôle des prévisions échappe; d'ailleurs le temps peut être beau pour l'agriculteur, bien que désagréable ou mauvais pour le citadin.

Tout d'abord, pour être contrôlable, la prévision doit être assez précise. Si l'on prédit « doux, nuageux, pluies, ondées », une telle prévision se manifestera certainement quelque part en France.

On répète constamment qu'en tirant au hasard s'il fera beau ou mauvais, la proportion des réussites est de 50 pour 100, ce qui n'a jamais été établi; et l'on ignore, en somme, quel est le pourcentage qui doit être considéré comme bon. Cependant un auteur (¹) qui dit avoir des règles assez sévères avec une échelle de quatre valeurs, dont le détail n'est malheureusement pas publié, donne pour contrôle de ses prévisions 60 bonnes, 30 passables et 10 mauvaises, ce qui serait un très beau résultat; ces nombres deviennent 40, 40 et 20 s'il prédit pour le lendemain le temps de la veille. C'est là une des trop rares indications sérieuses dans la matière, et l'on peut en conclure que les prévisions commencent à être satisfaisantes à partir d'un pourcentage de réussites de 60 pour 100.

Alors que le Bureau américain indique chaque samedi le temps probable

(¹) Rouch, *Revue scientifique*, 1918, p. 391.

de la semaine suivante, nous avons essayé, pendant plusieurs années, de prévoir les périodes importantes pour tout le mois suivant, afin de faciliter aux agriculteurs l'ordonnance de leurs travaux.

La prévision du temps à long terme rendrait à tous, assurément, les plus grands services; mais le problème dont on recherche la solution est fort malaisé : nous admettons bien volontiers que divers faiseurs d'horoscopes n'ont été guidés que par les soucis du bien public, mais nous avons montré que leurs prévisions ne sont pas assez précises pour être soumises à un contrôle numérique (¹). D'ailleurs, jusqu'alors, l'état de la science météorologique n'encourageait guère de tels pronostics ; et l'auteur le plus autorisé (²) jugeait fort sévèrement la question :

« Tous les essais de prévision du temps à longue échéance reposent, explicitement ou implicitement, sur la croyance à une périodicité dans les phénomènes météorologiques (p. 387). Les annonces faites plusieurs semaines à l'avance ne reposent sur aucune base scientifique. Les auteurs de ces prophéties sont les premières dupes de leur propre crédulité, quand ils ne cherchent pas simplement à exploiter la crédulité du public (p. 404). »

Un tel jugement pouvait décourager des essais sincères. Sans croire à une périodicité absolue, on peut imaginer cependant une certaine analogie, une sorte de continuité dans le développement des phénomènes météorologiques. En appliquant l'analyse harmonique aux courbes du baromètre, Vercelli (³) est parvenu à de curieuses extrapolations.

Recherchant dans le passé une ou plusieurs années où le temps fut analogue au temps actuel (pendant au moins deux mois), nous avons admis que le mois prochain serait analogue, lui aussi, à celui des dites années antérieures, quand elles sont concordantes (car parfois une pareille assimilation devient impossible).

Sur de telles comparaisons, dans le détail desquelles il est impossible de revenir ici, nous prédisons, le 20 de chaque mois, les caractéristiques principales du mois suivant : ce n'est que pour nous soumettre à un contrôle précis que nous poussons plus loin (trop loin), en donnant jour par jour le temps du mois suivant, entre 10 et 41 jours à l'avance.

Le résultat global est le suivant, pour un ensemble de trois années : nos prédictions du jour au lendemain se réalisent 78,3 fois pour 100; nos prévisions à long terme sont exactes 65,7 fois pour 100.

(¹) *Bulletin de l'Observatoire de Lyon*, t. 1, n° 2, septembre 1913.

(²) A. Angot, *Traité élémentaire de Météorologie*, 3ᵉ édition.

(³) F. Vercelli, *Publication de l'Observatoire de Brera* (Milan, 1916).

S'agit-il d'un pur hasard?

C'est peu probable, car les réussites sont très variables d'un mois à l'autre : 76 pour 100 en septembre, et 59,7 pour 100 seulement en mars. Du 16e au 22e jour, 71,6 pour 100 de réussites; 64,0 pour 100 seulement du 30e au 36e. Ainsi donc certaines périodes, certaines époques de l'année, paraissent critiques pour l'application de telles analogies : il y aurait, en quelque sorte, des époques d'instabilité, des coupures dans cette continuité supposée pour les phénomènes atmosphériques.

Les chiffres que nous venons d'indiquer nous paraissent cependant encourageants pour continuer ces prévisions d'une manière systématique ([1]), aucun contrôle de ce genre n'ayant jamais été poursuivi : l'avenir jugera ce qu'il peut y avoir d'utile à retenir d'une telle méthode.

BOTANIQUE. — *Du rôle du chondriome dans la défense des organismes végétaux contre l'invasion du parasitisme.* Note de M. **Jean Politis**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On constate très fréquemment que la présence d'un parasite à l'intérieur des tissus donne lieu à une irritation qui se traduit par une réaction de la partie lésée; cette réaction est des plus variables. Il est des cas où l'hôte se laisse envahir sans réagir d'une façon sensible à nos yeux. Dans d'autres cas, au contraire, la présence d'un parasite se traduit par des phénomènes d'ordre réactionnel qui souvent aboutissent à la formation de véritables galles.

Voyons quel est le rôle du chondriome dans ces phénomènes d'ordre réactionnel.

Examinons en premier lieu le cas de parasitisme de l'*Oidium Evonymi-Japonici* (Arc) Sacc. Les feuilles d'*Evonymus* peuvent être envahies, avec une très grande intensité, indistinctement sur les deux faces, à tout âge et à toute époque. Lorsqu'elles sont attaquées par l'*Oidium* au printemps, on distingue sur les deux faces de grandes taches rouges causées par l'action du mycélium qui perfore ici la cuticule, y envoie des prolongements, en général, arrondis, de véritables « suçoirs », qui pénètrent à l'intérieur des cellules épidermiques et absorbent les substances que celles-ci ont élaborées.

([1]) C'est ce qu'a pensé la Section météorologique du Comité français de Géodésie et de Géophysique qui nous a grandement honoré en nous engageant vivement à continuer ces travaux.

Dans ce cas, l'excitation provoquée par le mycélium est capable de se propager à distance parce que la teinte rouge, due à la présence d'un pigment anthocyanique dissous dans le suc vacuolaire, se remarque dans des cellules entièrement indemnes de suçoirs mycéliens. On est naturellement porté à admettre, pour expliquer cette action à distance, la diffusion de principes stimulants exosmosés par le parasite.

Ailleurs, la réaction que nous voyons se produire nous paraît être le résultat plus ou moins direct de l'irritation des mitochondries. En effet, dans le cytoplasme des cellules où l'affection débute, on constate l'existence de mitochondries. La majorité de ces éléments participe à l'élaboration de l'anthocyane. C'est à cette même activité des mitochondries que l'on doit attribuer la formation des pigments anthocyaniques et des composés tanniques incolores qui se rencontrent dans les régions malades de plusieurs plantes. Considérons maintenant l'action de certains parasites qui produisent un facies qui a toute l'apparence de la brunissure; tel peut être le cas de la maladie de l'oïdium pour la Vigne et autres parasites très variés sur des plantes fort diverses, dont la lésion cellulaire est exactement celle de la brunissure. Dans ces cas, on peut constater que les taches brunes sont toujours dues à l'activité des mitochondries qui élaborent un composé tannique brun.

Il est aussi à remarquer que la chlorophylle peut persister plus longtemps dans les régions malades que dans les régions saines d'organes où elle disparaît normalement à un moment donné. Les feuilles, par exemple, normalement jaunes à la chute, du pommier, de l'arbousier, présentent souvent des plages bien vertes, correspondant aux régions attaquées par le *Fusicladium dendriticum* ou par le *Septoria Unedonis* (Ducomet). Le tissu chlorophyllien persiste aussi sous les Cochenilles qui s'attaquent aux Oranges; c'est ainsi que l'on remarque de petites taches vertes sur les Oranges attaquées par le *Chrysomphalus minor*. C'est encore à une excitation parasitaire qu'on doit attribuer le phénomène de la persistance prolongée sur les arbres des feuilles attaquées par le parasite; en effet, sous l'influence des Cochenilles, certains arbres, à feuilles caduques, conservent leurs feuilles pendant l'hiver; ce fait est très évident chez le Lilas attaqué par l'*Aspidiotus Hederæ* (Trabut).

Dans tous ces cas, on peut constater que le parasitisme a sur les chloroplastes (qui, d'après les acquisitions récentes de la Science, ne sont que des mitochondries hautement différenciées) une action excitatrice. En effet, si nous examinons la coupe transversale d'une feuille qui présente les plages

vertes ci-dessus mentionnées, nous voyons que les cellules correspondant aux plages vertes renferment des chloroplastes qui grossissent, se multiplient par division et peuvent produire la chlorophylle et l'amidon avec une remarquable activité au moment où, dans les régions saines, beaucoup de cellules montrent des chloroplastes en voie de dégénérescence, tandis que les autres en sont complètement dépourvues. Il est encore à remarquer que la réaction est des plus variables suivant la nature du parasite, la nature et l'âge de la plante. Ainsi, nous avons observé que les fruits jaunes du citronnier présentent souvent des taches vertes, correspondant aux régions attaquées par l'*Aspidiotus Hederæ*; en outre, sous l'action du même parasite, des taches violet bleuâtre se produisent sur les feuilles du *Ligustrum vulgare* L. Les mêmes taches se forment sur les fruits encore verts de l'Olivier sous l'action parasitaire de la *Parlatoria calianthina* Berl. et Leon.

J'ajouterai pour terminer que, quand l'action de parasitisme aboutit à la formation de véritables galles, l'irritabilité des mitochondries est très aiguë. Nous en avons observé un bon exemple dans certaines galles bleuâtres des feuilles du *Lycium europæum* L.

Dans le tissu épidermique de la galle, on voit dans le cytoplasme des cellules les plus jeunes un corpuscule brillant, d'aspect oléagineux, qui représente le cyanoplaste, décrit par nous dans les cellules épidermiques de différentes fleurs, et qui résulte d'une mitochondrie (Guilliermond). Ce corpuscule, d'abord incolore et très petit, grossit peu à peu jusqu'à égaler ou surpasser le volume du noyau, puis s'imprègne de matière colorante violet bleuâtre. Dans ce cas, on voit donc avec la plus grande évidence que le parasitisme provoque une excitation qui engendre le grossissement d'une mitochondrie élaborant un pigment anthocyanique.

C'est à une excitation de même genre que l'on doit attribuer la formation de tanins dans les galles en très grande quantité.

Les résultats de nos recherches peuvent donc se résumer de la manière suivante :

L'excitation parasitaire chez les végétaux peut provoquer un état de réaction dans les mitochondries, qui ont alors la propriété de servir activement de centre d'élaboration à la plupart des produits de sécrétion de la cellule; certains de ces produits, comme par exemple les tanins, se forment même en très grande quantité, et peuvent probablement avoir une action de défense des organismes végétaux contre l'invasion du parasitisme. La réaction dans les mitochondries varie chez les différentes plantes et chez la même plante, suivant le degré de développement et la nature du parasite.

BOTANIQUE. — *Sur l'orientation des tiges*. Note (¹) de M. **H. Ricome**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nous avons déjà essayé d'établir que l'intensité relative des forces de tension des tissus variait avec la quantité d'eau et que l'orientation des rameaux d'une plante donnée dépendait surtout de la teneur en eau de la zone d'élongation, du régime d'hydratation de cette région. Voici quelques faits qui montrent la tige s'orientant diversement suivant sa teneur en eau.

Des Fèves, cultivées à la lumière diffuse extérieure, ont été soumises à une expérimentation destinée à réaliser : 1° des différences de teneur en eau entre des plantes élevées côte à côte; 2° des variations de cette teneur dans une même tige. Ce résultat est obtenu par des arrosages plus ou moins parcimonieux à l'eau ordinaire ou à l'eau salée, par des déplacements des plantes transportées de l'extérieur à l'intérieur du laboratoire ou à l'obscurité, *et vice versa*. Dans tous les cas, l'orientation s'éloigne d'autant plus de la verticale que la quantité d'eau est moindre.

Lorsque la quantité d'eau va diminuant avec une extrême lenteur, la tige prend une direction de plus en plus inclinée. Il suffit alors d'un arrosage abondant pour obtenir un redressement tel que la tige dépasse la verticale en dessinant une courbe arquée, parce que la pesanteur a au préalable déterminé un accroissement inégal des cellules. D'ailleurs tout finit par se régulariser dans la zone encore en élongation qui, quelque temps après, est devenue rectiligne et verticale.

Lorsque la quantité d'eau tombe au-dessous d'un certain taux, quelques feuilles manifestent les signes d'un commencement de flétrissure. Là où les conditions sont telles que ces signes apparaissent aux feuilles supérieures, ce qui indique une faible hydratation de la portion terminale de la tige, c'est le sommet qui prend une direction inclinée jusqu'à l'horizontale, alors que la portion basilaire de la région de croissance demeure verticale. Là où la flétrissure atteint les feuilles inférieures, c'est la base de la tige qui fléchit. Le sommet réagit contre cet abaissement passif tant qu'il reçoit suffisamment d'eau et il se redresse verticalement (notamment à l'obscurité où la transpiration est moindre). Quelque temps après, s'appauvrissant en eau à son tour, le sommet se dirige obliquement pour

(¹) Séance du 16 août 1921.

son propre compte, sans qu'il y ait de relation nécessaire entre l'orientation du sommet et celle de la base.

Ces résultats expérimentaux sont confirmés par les observations suivantes. La longue grappe simple du *Phytolacca decandra*, sans feuilles ni bractées, se dirige horizontalement quelle que soit son orientation au moment où elle apparaît sur la plante. L'extrémité sur une longueur de quelques millimètres plus hydratée est un peu redressée obliquement. Plus tard, la grappe en fruits est devenue pendante. Cette année, à cause de la sécheresse persistante, les grappes ne se développent en direction normale que sur certains rameaux privilégiés; la plupart se dirigent verticalement vers le bas. La plante manque d'eau au point que les grandes feuilles ne sont jamais turgescentes et demeurent flasques. Seules, les jeunes feuilles voisines de la grappe ont suffisamment d'eau pour se tenir étalées. On ne peut contester ici que la nouvelle orientation des grappes ne soit due à la faible teneur en eau. La pénurie n'est pas poussée jusqu'à la flétrissure; elles ne se déforment pas de façon visible lorsqu'on change leur orientation. D'ailleurs, elles continuent à croître et à produire des fruits comme en temps normal. Si l'année dernière, nous n'avions observé avec soin la façon dont elles se comportent, nous n'aurions rien remarqué d'anormal cette année.

Les pousses rampantes de *Cucurbita maxima* ont leur extrémité dirigée verticalement vers le bas, et ce sur une longueur de 5^{cm} à 8^{cm} qui comprend plusieurs entrenœuds nettement visibles. Il y a là un coude, souvent brusque, un angle parfois moindre que 90°. Est-ce un effet de la sécheresse exceptionnelle, est-ce le mode de croissance habituel? Nous l'ignorons, n'ayant pas eu encore l'attention attirée sur ce point. Il s'agit en tout cas d'un phénomène de décurvation avec relèvement, se produisant dans la région d'élongation, assez loin du sommet. Nous n'en avions jusqu'ici signalé qu'un cas, celui des rameaux et de la flèche des Cèdres. La turgescence du sommet est faible et les forces de tension y sont à peu près nulles. Or certains rameaux, notamment les rameaux latéraux courts, pourvus seulement de feuilles peu développées, quoique déjà largement étalées, moins privés d'eau par la transpiration, ont leur extrémité horizontale, dans le prolongement de la tige; la turgescence y est plus grande et les forces de tension peuvent y être constatées. Ici encore la différence d'orientation est à coup sûr liée à la quantité d'eau. La tige dirigée vers le bas ne devient horizontale que là où la quantité d'eau est suffisante pour que les forces de

tension s'égalisent en direction horizontale. D'ailleurs, dans beaucoup de ces rameaux à extrémité infléchie, elles s'équilibrent en fait en direction légèrement oblique vers le haut, ce qui est nettement visible sur une longueur de plus de 50^{cm}.

On ne saurait invoquer dans les cas précédents une prétendue irritabilité du protoplasme par des statolithes ou autres dispositifs. La sensibilité des végétaux est une conséquence des propriétés de tous les constituants de l'organe considéré, et ces propriétés sont sous la dépendance des conditions externes et internes. Cette sensibilité n'est nullement une propriété du seul protoplasme, auquel on attribue bien à tort un sens de l'espace et une faculté d'orientation.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les anthocyanidines, à l'état libre, dans les fleurs et les feuilles rouges de quelques plantes.* Note [1] de M. **St. Jonesco**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nous avons signalé dans une Note précédente [2] que les anthocyanidines se trouvent dans d'autres organes que les fruits. La présente Note a pour but de démontrer l'existence de ces corps dans les fleurs de *Pelargonium*, de *Papaver Rhœas* et dans les feuilles rouges ou vert-olive de *Prunus Pissardi*. On a déjà cherché les anthocyanidines dans l'extrait acide obtenu avec différents organes colorés, fleurs et feuilles rouges, mais on ne les a jamais trouvées parce que, dans ce cas, ces substances ne passent pas avec l'anthocyanine dans la liqueur employée, qui est habituellement de l'eau acidifiée. C'est dans le résidu des organes, qui reste sur le filtre, après la séparation de l'extrait, qu'il faut les chercher. On traite ce résidu (formé de débris des organes broyés, de sable et de talc) par l'alcool amylique, et c'est cet alcool qui dissout les anthocyanidines.

1. *Préparation des anthocyanidines des fleurs de* Papaver *et de* Pelargonium. — J'obtiens, par le procédé indiqué dans ma Note précédente, un extrait acide de pétales de ces fleurs.

a. De l'alcool amylique, agité avec cet extrait, on retire un pigment jaune pour les fleurs de *Pelargonium*, et l'alcool reste incolore avec celles de *Papaver*.

---

(1) Séance du 16 août 1921.

(2) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 168.

b. Le résidu resté sur le filtre est soumis aux opérations suivantes :

Il a été lavé d'abord avec de la benzine ou de l'éther de pétrole, puis avec l'éther sulfurique pour enlever les substances grasses et surtout les corps apparentés à la chlorophylle que pourraient renfermer les pétales. Il a été ensuite traité par un peu d'alcool éthylique à 95° et par l'alcool amylique, de façon que tout le résidu soit complètement couvert par le liquide. On a bien agité la substance et la liqueur, et on l'a laissée en repos pendant 12 heures; puis, le tout a été filtré à la trompe. L'alcool amylique coloré, obtenu par cette filtration, a été agité dans une ampoule à robinet avec de l'eau sulfurique à 7 pour 100, pour le débarrasser de toute trace d'anthocyanine. Après trois lavages successifs, l'eau sulfurique restait parfaitement incolore, tandis que *l'alcool amylique conservait une couleur d'un rose foncé pour les fleurs de* Papaver, *et d'un rose moins intense pour les fleurs de* Pelargonium.

2. *Préparation des anthocyanidines des feuilles rouges et des feuilles vert-olive de* Prunus Pissardi. — Au mois de juillet, quand j'ai entrepris mes recherches, le *Prunus Pissardi* avait deux sortes de feuilles : les unes, plus jeunes, d'une couleur *rouge-sang*, et les autres, plus âgées, d'un *brun-olive* à la face supérieure, et d'un *vert tacheté de rouge* à la face inférieure. La couleur olive montre l'apparition de la chlorophylle et la disparition de l'anthocyane. J'ai procédé de la même façon que pour les fleurs de *Papaver* et de *Pelargonium* en obtenant un *extrait* et un *résidu*.

a. En agitant l'extrait acide de feuilles rouges avec de l'alcool amylique, celui-ci acquiert une couleur *jaune teintée de rose;* tandis que l'extrait des feuilles vert-olive donne, avec l'alcool amylique une couleur *jaune pure peu intense*.

b. Le résidu des feuilles a été lavé avec beaucoup de soin pour enlever tous les pigments chlorophylliens, et ensuite il a été traité par l'alcool amylique. L'alcool amylique provenant du traitement du résidu des feuilles rouges était très fortement coloré en rouge. Après trois lavages avec de l'eau sulfurique, il conserve une couleur *rouge foncé*, tandis que le résidu des feuilles vert-olive donne à l'alcool amylique une coloration *jaune orange très intense*.

On distingue donc deux catégories de pigments : 1° *les pigments provenant de l'extrait acide, qui ont en général une couleur jaunâtre;* 2° *les pigments provenant du résidu, et dont la couleur est rouge, rose, rose clair ou jaune orange*. Ces derniers pigments se maintiennent dans la liqueur après plusieurs lavages avec de l'eau sulfurique, et même lorsqu'ils sont lavés par une

solution d'acétate de sodium. Ainsi préparés, ils se conservent plus d'une semaine au contact de l'air et à la lumière. Cette propriété de se conserver de cette façon dans l'alcool amylique est identique à celle des anthocyanidines obtenus par l'hydrolyse de l'extrait acide. En outre, traités par une solution de soude diluée, ou de CO^3Ca, ou d'acétate de Na, ou encore de $FeCl^3$, ils donnent les mêmes réactions que les anthocyanidines préparées par l'hydrolyse. Donc *ces pigments colorés des fleurs de* Pelargonium *et de* Papaver, *des feuilles de* Prunus, *sont bien constitués par des anthocyanidines qui se trouvent à l'état libre dans ces organes, comme dans certains fruits où leur existence à l'état libre a été démontrée antérieurement. Ces substances coexistent avec les anthocyanines et les autres pigments qui constituent l'ensemble du pigment rouge.*

La présence des anthocyanidines dans les organes colorés des plantes nous montre la relation étroite qui existe entre ces substances et l'anthocyane, et surtout nous explique sa transformation à mesure qu'elle disparaît progressivement des organes où elle existait.

Les divers pigments jaunes ou jaunâtres dont il est parlé plus haut sont ce qu'on appelle des *pseudo-bases*, c'est-à-dire des produits d'isomérisation des anthocyanidines. M. Kurt. Noack [1] a trouvé à l'état libre, dans les feuilles rouges de *Polygonum compactum* Hook., non pas une véritable anthocyanidine, mais une de ces *pseudo-bases*. Cette pseudo-base, d'une couleur jaune, a été chauffée par lui, au bain-marie, avec de l'acide sulfurique dilué à 5 pour 100 et un peu d'acide chlorhydrique dilué à 17 pour 100, et s'est transformée en un pigment rouge intense qui présente tous les caractères des anthocyanidines. En tenant compte du fait que cette pseudo-base se trouve dans les feuilles rouges à un stade où elles commencent à pâlir, l'auteur conclut que cette substance est un produit d'oxydation d'une anthocyanidine. Or, les divers pigments jaunâtres que j'ai extrait de feuilles ou de fleurs sont bien des pseudo-bases, car ils jouissent des mêmes propriétés que la pseudo-base trouvée dans le *Polygonum* par M. Kurt. Noack. En effet, tous ces pigments, chauffés avec de l'acide chlorhydrique à 20 pour 100, prennent une belle coloration rouge, parfois rose, et présentent toutes les propriétés des anthocyanidines.

---

[1] Kurt. Noack, *Untersuchungen über den Anthocyanstoffwechsel auf Grund der chemischen Eigenschaften der Anthocyangruppe* (*Zeitschrift für Botanik.*, Heft 10, 1918).

En résumé, *dans divers organes rouges des plantes, il existe des anthocyanides*, à l'état libre, *comme pigment coloré. Il est possible que ces substances se forment en même temps que l'ensemble des pigments, mais il est plus vraisemblable qu'elles proviennent de l'hydrolyse subie par l'anthocyane pendant sa disparition. En tout cas, la coexistence d'anthocyanines, d'anthocyanidines et de pseudo-bases dans un même organe montre que ces substances ont entre elles des relations étroites liées à la disparition du pigment rouge chez les végétaux.*

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la saponarine chez le* Mnium cuspidatum. Note (¹) de M. **Antoine Kozlowski**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Chez quelques plantes supérieures, on trouve une substance dissoute dans le suc cellulaire, qui donne avec l'iode des réactions microchimiques semblables à celles de l'amidon; cette substance a été nommée *amidon soluble*. D'après les recherches de M. Dufour (²), de M. Barger (³) et de M. Molisch (⁴), cette combinaison n'est pas de l'amidon, mais plutôt un corps voisin de la saponarine du *Saponaria officinalis* et qui donne aussi avec l'iode des réactions de l'amidon; c'est pourquoi M. Barger (1902), au lieu du terme ancien *amidon soluble*, a proposé le terme de *saponarine*.

Chez les plantes inférieures, cette substance se trouve plus rarement. Parmi les 37 espèces d'Hépatiques étudiées par M. Molisch (1911), une seule : *Madotheca platyphylla*, contient de la saponarine.

J'ai trouvé la saponarine chez la Mousse *Mnium cuspidatum*. Cette plante contient, dans le suc cellulaire de la tige et des feuilles, la substance incolore qui s'y trouve en dissolution; on peut facilement constater sa présence au moyen de la solution d'iode.

Réactions microchimiques. — *La solution de* 1^g *pour* 100 *d'iode dans l'iodure de potassium* à 1 pour 100 donne dans le suc cellulaire un précipité en forme de granules (*fig.* 1) ou de très petits cristaux en aiguille, constituant une sorte de réseau (*fig.* 2).

Dans les feuilles jeunes, ce précipité est plus longtemps d'une couleur

---

(¹) Séance du 16 août 1921.
(²) *Bull. d. Soc. vaud. d. Sc. nat.*, t. 21, 1888, nº 93.
(³) *Ber. d. d. chem. Ges.*, Bd 35, 1902, p. 1296.
(⁴) *Ber. d. d. bot. Ges.*, Bd 29, 1911.

bleue, ensuite rose; dans les feuilles plus âgées, il est, au contraire, plutôt d'un rose-violet.

Après un chauffage modéré de la préparation, la couleur disparaît, mais elle revient quand la liqueur est tiède.

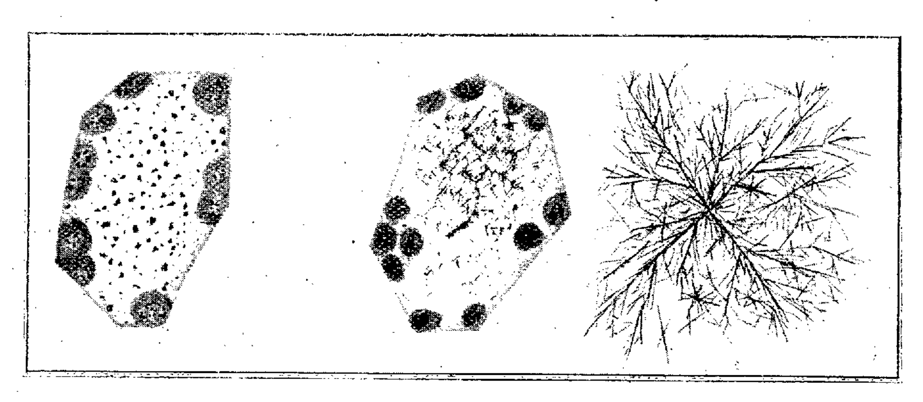


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Après un chauffage plus fort, la couleur disparaît complètement. Dans les cellules mécaniquement blessées et dans celles qui meurent (dans les feuilles plus âgées), cette réaction ne se produit pas.

Un nombre un peu plus grand de feuilles placées sous la lamelle dans la solution de I + IK donne après l'évaporation de cette dernière de beaux cristaux d'un rose-violet qui s'agrègent au bord de la lamelle en étoile et en réseau (*fig.* 3).

On peut obtenir le même précipité hors de la cellule, cristallisé aussi, au moyen de l'*iodine* (solution d'iode dans l'alcool).

L'*alcool éthylique* et l'*ammoniaque* extraient la saponarine des feuilles et, après évaporation, la laissent au bord de la lamelle sous forme de précipité granuleux, incolore qui, au moyen de la solution I + IK, se colore en rose-violet.

Solubilité de l'iodure de saponarine. — Les granules et cristaux bleus ou rose-violet de l'iodure de saponarine se dissolvent facilement dans l'*eau distillée froide* qui prend une couleur bleue.

Les *acides étendus* HCl, H^2SO^4, HNO^3 (1 : 1) augmentent la couleur rose-violet des cristaux et les dissolvent lentement.

Les *acides concentrés* HCl *et* HNO^3 causent instantanément le passage de la couleur rose à la couleur bleue et la dissolution des cristaux.

Dans l'*acide acétique* les cristaux se dissolvent facilement.

Après l'*évaporation de* HCl *ou* CH^3CO^2H, l'iodure de saponarine qui a été dissous par ces acides *cristallise de nouveau* au bord de la lamelle sous la forme des mêmes cristaux caractéristiques que précédemment.

Les *alcalis* (NaOH, KOH, NH^3) dissolvent les cristaux d'iodure de saponarine et changent leur couleur rose en jaune citron.

La recherche de la saponarine par les mêmes méthodes chez les autres espèces de *Mnium*, *M. affine*, *M. punctatum*, *M. undulatum*, *M. hornum* et chez d'autres Mousses (*Bryum*, *Hypnum*, *Polytrichum*, *Fontinalis*, *Funaria*, *Fissidens*) ne donne que des résultats négatifs.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 16 août 1921.)

Note de M. *Paul Vuillemin*, Un nouveau Champignon parasite de l'Homme, *Glenospora gandavensis* :

Page 378, ligne 2, ajouter entre Curt., et auparavant : d'après une espèce; *au lieu de* ballotté, *lire* ballottée; ligne 3, *au lieu de* nommé, *lire* nommée.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de juillet 1921.

Le collège Mazarin et le palais de l'Institut, par Henry Lemonnier. Paris, Hachette, 1921; 1 vol. 27^{cm}.

Essai de Philosophie biologique. La genèse de l'énergie psychique, par J. Danysz. Paris, J.-B. Baillière, 1921; 1 vol. 23^{cm}. (Présenté par M. A. Laveran.)

Espace, temps et gravitation, par A.-S. Eddington, traduit de l'anglais par J. Rossignol. Paris, Hermann, 1921; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Borel.)

Un secteur médico-chirurgical de l'intérieur, par le Dr Fernand Ledé. Paris, Berger-Levrault, 1921; 1 fasc. 26^{cm}. (Présenté par M. Laveran.)

Flore générale de l'Indo-Chine, publiée sous la direction de M.-H. Lecomte, rédacteur principal : F. Gagnepain. Tome II, fasc. 7 : *Myrtacées* (fin), *Mélastomacées*, *Lythracées*, *Punicacées*. Paris, Masson et Cie, 1921; 1 vol. 24^{cm}.

Rôle des colloïdes chez les êtres vivants. Essai de Biocolloïdologie, par Auguste Lumière. Paris, Masson et Cie, 1921; 1 vol. 19^{cm}.

Pressions dans les eaux courantes et force de suspension, par B. Angheloff. Extrait du *Recueil de l'Académie bulgare des Sciences*, vol. XIV. Sofià, 1921; 1 vol. 27^{cm}.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 AOUT 1921.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur le groupe quaternaire primitif de collinéations d'ordre 25920 et le groupe hessien.* Note (¹) de M. DE SÉGUIER, présentée par M. Appell.

1. Les travaux de MM. Witting, Maschke et Burkhardt sur le groupe quaternaire primitif de collinéations d'ordre 25920 (²) laissent ouverte la question d'établir l'existence de ce groupe indépendamment de la théorie des fonctions hyperelliptiques.

Tandis que M. Potron y arrivait en poursuivant les recherches géométriques de M. Witting (³), j'ai remarqué que l'existence de ce groupe dans tout champ algébrique ou galoisien C contenant une racine cubique $\varepsilon(\neq 1)$ de l'unité résulte presque immédiatement des équations du groupe hermitien $\mathcal{H}(n, \pi)$ que j'ai obtenues dans un Mémoire précédent (⁴). Soient, en effet, x, y, z, t des variables homogènes de C, et faisons correspondre les substitutions (on verra tout à l'heure comment on y est conduit, et pourquoi elles sont écrites sous cette forme) :

$$\tau'_1 = |-y, -z, -z, t|, \qquad \tau'_2 = |x, -y, -t, -z|,$$

$$u'_{11} = |-\varepsilon y, -\varepsilon^2 x, -z, t|, \qquad u'_{21} = |x, -y, -\varepsilon t, -\varepsilon^2 z|,$$

$$V'_{12\varepsilon^s} = \left| \begin{array}{l} \sigma(-x - \varepsilon^{s+1} z + \varepsilon^s t) \\ \sigma(-y - \varepsilon^s z - \varepsilon^{s-1} t) \\ \sigma(-\varepsilon^{2-s} x - \varepsilon^{-s} y + z) \\ \sigma(\varepsilon^{-s} x - \varepsilon^{1-s} y + t) \end{array} \right| \qquad \left(\sigma = \frac{1}{\varepsilon - \varepsilon^2}\right),$$

(¹) Séance du 1ᵉʳ août 1921.

(²) Voir BURKHARDT, *M. A.*, t. 41, 1892. Cf. BLICHFELDT, *M. A.*, t. 60, 1905, p. 228-229.

(³) Voir *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 346.

(⁴) *J. M.*, 1919. Je me servirai ici des mêmes notations.

de C aux substitutions respectives τ_1, τ_2, u_{11}, u_{21}, $V_{12\varepsilon}$, (ε étant une racine de $\varepsilon^2 + \varepsilon = 1$ dans le champ $\mathfrak{S}'$ d'ordre 4) de $\mathcal{H}(4, 2)$. On voit directement que τ'_1, ... vérifient les mêmes équations que les substitutions τ_1, ... correspondantes. ***Donc le p. p. c. m.*** $\mathcal{J}$ *de* τ'_1, ..., $V'_{12\varepsilon}$, (*qui conservent la forme* $\varphi = x\dot{x} + y\dot{y} + z\dot{z} + t\dot{t}$) *est isomorphe à* $\mathcal{H}(4, 2) \equiv \mathcal{G}(4, 3)$ [1]. C'est seulement par l'intermédiaire des fonctions hyperelliptiques qu'une correspondance des générateurs de $\mathcal{G}(4, 3)$ et de $\mathcal{J}$ avait été établie.

2. Considérons maintenant inversement les substitutions τ'_1, ... comme appartenant à $\mathfrak{S}'$, et soit alors $\mathcal{J}'$ leur p. p. c. m. Le changement de variables $x = \varepsilon x_1 + y_1$, $y = x_1 + \varepsilon y_1$, $z = \varepsilon x_2 + y_2$, $t = x_2 + \varepsilon y_2$ transforme τ'_1, ... en τ_1, ... respectivement (et φ en h). Donc $\mathcal{J}' \equiv \mathcal{H}$. Donc les équations de $\mathcal{H}$ se composent des équations de $\mathcal{J}$ jointes éventuellement à d'autres équations. Donc $\mathcal{H}$ est isomorphe à un groupe facteur de $\mathcal{J}$. *Si donc on sait seulement que* $\mathcal{J}$ *est d'ordre* 25920, *on peut affirmer que* $\mathcal{J} \equiv \mathcal{H}$. Or on sait effectivement que $\mathcal{J}$ est d'ordre 25920. Car le p. p. c. m. des substitutions :

$$\alpha = |\varepsilon^2 x, y, \varepsilon^2 z, \varepsilon^2 t|,$$
$$\beta = |x, \sigma(y + z + t), \sigma(y + \varepsilon z + \varepsilon^2 t), \sigma(y + \varepsilon^2 z + \varepsilon t)|,$$
$$\gamma = |x, t, y, z|, \qquad \delta = |-y, -x, -z, t|$$

de C est d'ordre 25920 (ce sont, à la notation près, les générateurs employés par M. Burkhardt), et en posant

$$\mathbf{c} = \gamma^{-1}\alpha\gamma.\gamma\alpha^2\gamma^{-1} = |x, y, \varepsilon z, \varepsilon^2 t|,$$
$$\mathbf{b} = \gamma^{-1}\delta\gamma = |-z, y, -x, -t|, \qquad \mathbf{b}' = (\delta\gamma)^{-2}\mathbf{b}(\delta\gamma)^2 = |-x, t, z, y|,$$
$$\mathbf{d} = (\mathbf{bb}')^{-1}\mathbf{c}\mathbf{bb}' = |\varepsilon x, \varepsilon^2 y, z, t|,$$
$$\begin{aligned}\mathrm{M} &= \mathbf{b}\gamma^2\mathbf{bc}^2\beta\mathbf{b}\gamma\mathbf{c}\\ &= |\sigma(x + z - t), y, -\sigma(x + \varepsilon^2 z + \varepsilon t), -\sigma(-x - \varepsilon z + \varepsilon^2 t)| \quad (^2),\end{aligned}$$
$$\mathbf{a}_{rs} = \mathbf{d}^{r-s}\mathbf{c}^r\mathrm{M}\mathbf{d}^{-r-s}\delta\mathrm{M}\mathbf{d}^s\delta\mathbf{c}^{-r} = \left|\begin{array}{l}\sigma(-x - \varepsilon^s z + \varepsilon^{r+s} t)\\ \sigma(-y - \varepsilon^{r+s} z - \varepsilon^{s-r} t)\\ \sigma(-\varepsilon^{-s} x - \varepsilon^{-r-s} y + z)\\ \sigma(\varepsilon^{-r-s} x - \varepsilon^{r-s} y + t)\end{array}\right|,$$

---

(1) De l'isomorphisme des groupes $\mathcal{H}(4, 2)$, $R_2(6, 2)$, $\mathfrak{K}(5, 3)$ et de l'étude faite ailleurs (*J. M.*, 1919) de leurs constituants transitifs il résulte donc que l'on a une représentation quaternaire dans C des diviseurs fixant un symbole dans les représentations correspondantes des degrés 27, 36, 40 et 45 du g_{25920} considéré. *Pour le degré* 40 *ce diviseur n'est pas isomorphe au diviseur* $\{\alpha, \beta, \gamma\}$ (*homomorphe au groupe hessien*) *qu'on va rencontrer tout à l'heure* (cf. *J. M.*, 1919, p. 46).

(2) C'est la même substitution que M. Witting désigne par M.

on a

$$\tau'_1 = \delta, \quad \tau'_2 = \beta^2, \quad u'_{11} = \delta \mathbf{d}, \quad u'_{21} = \beta^2 \mathbf{c}, \quad V'_{12\varepsilon^s} = \mathbf{a}_{2,s+1}.$$

Inversement, en désignant par ξ' le produit formé avec $\tau'_1, \ldots$ comme le produit ξ avec les correspondantes $\tau_1, \ldots,$

$$\text{(E)} \qquad \begin{cases} \alpha = v'_{11} \tau'_2 T'_{12} S'_{12\varepsilon} T'^2_{12}, \qquad \beta = u'_{21} v'_{21} W'_{12\varepsilon} V'_{12\varepsilon} u'_{21} T'^2_{12}, \\ \gamma = V'_{211} u'_{11} \tau'_2 u'_{21} W'_{211} T'^2_{12}, \qquad \delta = \tau'_1. \end{cases}$$

3. Regardons maintenant les variables x, y, z, t comme non homogènes, et prenons les substitutions sous la forme précédente. Leur déterminant est 1, et elles vérifient toutes les relations écrites [dans les formules (E) T'^2_{12} est une similitude de multiplicateur -1]. Soit F leur p. p. c. m. Le diviseur de F qui répond à l'unité de $\mathcal{J}$ est d'ordre 2.

4. De même les générateurs $\theta, \beta, \zeta, V_1, V_\varepsilon, s_\varepsilon$ du groupe hermitien $\mathcal{E}(3, 2)$ (*J. M.*, 1916, p. 303-305) vérifient dans C toutes les équations qu'elles vérifient dans $\mathfrak{S}'$. Leur p. p. c. m. est donc, dans C comme dans $\mathfrak{S}'$, un groupe hessien d'ordre 216, et l'on voit facilement que ce groupe est aussi le p. p. c. m. des collinéations

$$\alpha' = |\varepsilon x, y, z|, \quad \beta' = |x + y + z, x + \varepsilon y + \varepsilon^2 z, x + \varepsilon^2 y + \varepsilon z|, \quad \gamma' = |z, x, y|$$

évidemment semblable à l'action de $|\alpha, \beta, \gamma|$ sur le plan $x = 0$ de tout à l'heure.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les courbes définies par les équations différentielles du second ordre.* Note de M. **Jean Chazy**, transmise par M. Goursat.

M. Picard a complété sur un point la théorie des courbes définies par une équation différentielle réelle du premier ordre, en montrant qu'à un col n'aboutissent pas d'autres caractéristiques que les deux caractéristiques holomorphes [1]. Dans l'étude de certains cas particuliers du problème des trois corps, et pour être assuré d'épuiser les mouvements correspondants, j'ai été conduit à apporter des compléments analogues à la théorie des courbes définies par un système différentiel du second ordre

$$(1) \qquad \frac{dx}{X} = \frac{dy}{Y} = \frac{dz}{Z},$$

où X, Y, Z sont des fonctions réelles des trois variables x, y, z, holomorphes et nulles au point singulier $x = 0, y = 0, z = 0$.

[1] *Traité d'Analyse*, 2e édition, t. 3, p. 28 et 209.

J'ai démontré les propositions suivantes :

I. *A un col isolé ou à un col-foyer n'aboutissent pas d'autres caractéristiques que les caractéristiques engendrant une surface, et la caractéristique isolée,* mises en évidence (¹) par Poincaré.

II. *A un point d'une ligne de nœuds ou d'une ligne de foyers n'aboutissent pas d'autres caractéristiques que les caractéristiques engendrant une surface* et mises en évidence (²) par Poincaré.

III. *A un point d'une ligne de cols n'aboutissent pas d'autres caractéristiques que les deux caractéristiques holomorphes,* formant avec la ligne de cols elle-même les trois caractéristiques holomorphes, dont l'existence résultait déjà des travaux (³) de Briot et Bouquet.

IV. *Toute caractéristique dont la distance d'un point à une ligne de nœuds, à une ligne de foyers ou à une ligne de cols tend vers zéro, aboutit à un point déterminé de cette ligne.*

Ce sont là les énoncés les plus simples de chacune des quatre propositions, mais ces énoncés peuvent être complétés. Par exemple, la proposition IV peut être généralisée comme il suit :

IV'. *Soit* L *une ligne de nœuds, une ligne de foyers ou une ligne de cols du système différentiel* (1), *et soit une caractéristique de ce système, dont une infinité d'arcs,* γ, *deviennent successivement infiniment voisins de segments,* λ, *de la ligne* L, mais qui dans les intervalles des arcs γ peut s'éloigner de la ligne L. *La longueur de chacun des segments* λ *et,* qui plus est, *la longueur de chacun des arcs* γ, *sont infiniment petites.*

Comme conséquence de la proposition IV, une ligne de nœuds, une ligne de foyers ou une ligne de cols fermées ne peuvent admettre de caractéristiques asymptotes.

Comme conséquence de la proposition IV', une telle ligne ne peut jouer par rapport à aucune caractéristique du système (1) le rôle que, sur les surfaces à courbures opposées d'ordre de connexion supérieur à 2, les géodésiques fermées jouent par rapport aux géodésiques restant à distance finie et qui ne sont ni fermées ni asymptotes à des géodésiques fermées (⁴).

La démonstration des propositions précédentes paraîtra dans un autre Recueil.

(¹) *Journal de Mathématiques*, 4ᵉ série, t. 2, 1886, p. 157.

(²) *Ibid.*, p. 164.

(³) *Journal de l'École Polytechnique*, 36ᵉ cahier, 1856, p. 133-198.

(⁴) Cf. Hadamard, *Journal de Mathématiques*, 5ᵉ série, t. 4, 1898, p. 68.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les systèmes triples orthogonaux.* Note de M. S. CARRUS, présentée par M. G. Kœnigs.

Comme nouvelle application de la méthode que nous avons exposée [1], nous traiterons encore le cas où l'une des coordonnées est indépendante de l'un des paramètres.

En posant

$$\frac{x_1}{y_1}=\lambda, \qquad \frac{x_2}{y_2}=\mu, \qquad \frac{x_3}{y_3}=\nu,$$

nous avons obtenu les équations

$$(\mathrm{I}) \qquad \begin{cases} A\lambda_1 = B\mu_1 + C\nu_1, \\ B\mu_2 = C\nu_2 + A\lambda_2, \\ C\nu_3 = A\lambda_3 + B\mu_3, \end{cases}$$

avec

$$A=(\nu-\mu)(1+\mu\nu), \qquad B=(\lambda-\nu)(1+\nu\lambda), \qquad C=(\mu-\lambda)(1+\lambda\mu),$$

λ, μ, ν étant des fonctions des paramètres ρ_1, ρ_2, ρ_3. Si la coordonnée x est indépendante du paramètre ρ_3, $x_3=0$. Donc $\nu=0$. Les équations du système (I) se réduisent à

$$(\mathrm{I}') \qquad \begin{cases} \mu\lambda_1 + \lambda\mu_1 = 0, \\ \mu\lambda_2 + \lambda\mu_2 = 0, \\ \mu\lambda_3 - \lambda\mu_3 = 0. \end{cases}$$

La solution générale de ce système s'obtient aisément; on peut poser

$$\lambda = \frac{1}{T(\rho_3)\,\varphi(\rho_1,\rho_2)}, \qquad \mu = \frac{\varphi(\rho_1,\rho_2)}{T(\rho_3)}.$$

Ensuite

$$x=\psi(\rho_1,\rho_2);$$

y est alors déterminée par les deux équations

$$(\mathrm{II}) \qquad \begin{cases} y_1 = T\varphi\psi_1, \\ y_2 = T\dfrac{\psi_2}{\varphi}. \end{cases}$$

Pour que ces équations soient compatibles il faut d'abord poser

$$\varphi\psi_1=\theta_1, \qquad \frac{\psi_2}{\varphi}=\theta_2,$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 219.

θ étant comme φ une fonction de ρ_1, ρ_2; on a donc d'abord la condition

$$\psi_1\psi_2 = \theta_1\theta_2. \tag{3}$$

Alors

$$y = \mathrm{T}(\rho_3)\theta(\rho_1, \rho_2) + \mathrm{T}_1(\rho_3),$$

T_1 étant une nouvelle fonction arbitraire de ρ_3.

Calcul de z. — z est alors donnée par les trois équations compatibles

$$\text{(III)}\qquad \begin{cases} z_2 z_3 + (\mathrm{T}'\theta + \mathrm{T}'_1)\mathrm{T}\theta_2 = 0, \\ z_3 z_1 + (\mathrm{T}'\theta + \mathrm{T}'_1)\mathrm{T}\theta_1 = 0, \\ z_1 z_2 + \psi_1\psi_2 + \mathrm{T}^2\theta_1\theta_2 = 0. \end{cases}$$

Des deux premières on déduit d'abord

$$\frac{z_2}{z_1} = \frac{\theta_2}{\theta_1}.$$

D'où

$$z = \mathcal{F}(\theta, \rho_3),$$

et la solution générale du problème [en posant sans diminuer la généralité $\mathrm{T}(\rho_3) = \rho_3$] est donnée par les formules suivantes :

$$\text{(IV)}\qquad \begin{cases} x = \psi(\rho_1, \rho_2), \\ y = \rho_3\theta(\rho_1, \rho_2) + t + t'\rho_3(1 + \rho_3^2), \\ \dfrac{z}{i} = \theta\sqrt{1 + \rho_3^2} + t'\rho_3^2\sqrt{1 + \rho_3^2}, \end{cases}$$

t étant une fonction de ρ_3.

Cette solution offre un grand caractère de généralité; les deux fonctions de deux variables θ et ψ étant assujetties à l'unique condition

$$\psi_1\psi_2 = \theta_1\theta_2, \tag{3}$$

elle dépend d'une fonction arbitraire de deux variables $\psi(\rho_1, \rho_2)$, de la fonction arbitraire d'une variable $t(\rho_3)$ et d'une fonction arbitraire d'une variable introduite par l'intégration de l'équation (3).

ASTRONOMIE. — *La loi de Newton et la formule d'Einstein pour le périhélie des planètes.* Note de M. **Gaston Bertrand**.

1. *Formule d'Einstein.* — La rotation $\delta\Omega$ du périhélie d'une planète pendant la durée T d'une révolution est

$$\delta\Omega = \frac{24\pi^3 a^2}{\mathrm{T}^2 c^2(1 - e^2)} = \frac{6\pi f\mathrm{M}}{c^2 a(1 - e^2)},$$

c, vitesse de la lumière; f, coefficient de l'attraction newtonienne; M, masse du Soleil; a, demi grand axe de l'orbite; e, excentricité.

2. *Modification de la loi de Newton.* — Sans sortir de la Mécanique classique, on peut d'une infinité de façons modifier la loi de Newton de manière à obtenir la formule précédente.

Soit par exemple la loi d'attraction

$$F = -\frac{fMm}{r^2}\Phi\left(\frac{v^2}{c^2}\right),$$

Φ étant une fonction paire de $\frac{v}{c}$ dont les deux premiers termes du développement en série sont

$$\Phi = 1 + \alpha\frac{v^2}{c^2} + \ldots.$$

Les équations du mouvement deviennent alors

$$d\frac{v^2}{2} = -\frac{fM}{r^2}\left(1 + \alpha\frac{v^2}{c^2}\right)dr,$$

$$r^2\frac{d\theta}{dt} = \Gamma,$$

et celle de la trajectoire

$$\frac{d^2u}{d\theta^2} + u = \frac{1}{p} + \frac{\alpha fM}{c^2}\left(\frac{du^2}{d\theta^2} + u^2\right),$$

en employant les notations habituelles et en posant $\frac{1}{r} = u$.

La première approximation donne la solution képlérienne

$$u = \frac{1}{p} + \frac{e}{p}\cos(\theta - \Omega)$$

et la seconde

$$u = \frac{1}{p} + \frac{\alpha fM}{c^2}\,\frac{1 + e^2}{p^2} + \frac{e}{p}\cos(\theta - \Omega) + \frac{\alpha fM}{p^2c^2}e\theta\sin(\theta - \Omega),$$

ce qui peut s'écrire

$$u = \frac{1}{p} + \frac{\alpha fM}{c^2}\,\frac{1 + e^2}{p^2} + \frac{e}{p}\cos(\theta - \Omega - \delta\Omega).$$

La trajectoire est donc une ellipse dont le périhélie tourne lentement dans le sens du mouvement. Si la longitude initiale du périhélie est Ω_0, la longitude actuelle Ω est donnée par la formule

$$\Omega = \Omega_0 + \frac{\alpha fM}{pc^2}\theta.$$

Quand la planète a effectué une révolution, $\theta = 2\pi$,

$$\delta\Omega = \alpha \frac{2\pi f M}{pc^2} = \alpha \frac{8\pi^3 a^2}{T^2 c^2 (1-e^2)}.$$

3. *Conclusion.* — Pour retrouver la loi précédente, il faut prendre $\alpha = 3$. Autrement dit, il suffit de remplacer $F = -\frac{fMm}{r^2}$ par

$$F = -\frac{fMm}{r^2} \Phi\left(\frac{v^2}{c^2}\right),$$

avec

$$\Phi = 1 + 3\frac{v^2}{c^2} + \text{termes quelconques}.$$

Cela est évidemment possible d'une infinité de manières. Par exemple, si l'on veut introduire le facteur $1 - \frac{v^2}{c^2}$, fameux depuis l'expérience de Michelson-Morley, on prendra

$$F = -fMmr^{-2}\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-3}.$$

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Le phénomène des* rideaux *et la solifluction.* Note de M. **Louis Gentil.**

J'ai donné une explication de la genèse des accidents de terrain appelés *rideaux* en pays crayeux [1].

J'ai montré que, dans les vallées de la Seine et de l'Eure et, plus particulièrement, dans la région de valleuses comprise entre la Somme et la Bresle, ces formes du terrain doivent être attribuées à des glissements superficiels de l'argile à silex provenant de la décalcification de la craie sur les lignes d'affleurement.

J'ai insisté sur le rôle capital du climat dans la genèse des *rideaux*. Lorsque l'humidité de l'atmosphère est suffisante pour donner à l'argile à silex une certaine plasticité, celle-ci coule sur les pentes pour former, au premier obstacle, des bourrelets d'épaississement qui constituent les *rideaux*.

Enfin, j'ai pensé que l'absence de ces formes du terrain dans les pays méditerranéens devait tenir à ce que les chutes atmosphériques s'y manifestent par saccades, les jours de pluie étant séparés par des périodes assez longues de sécheresse.

Il semble que, dans ces régions tempérées, les éboulements qui se produisent dans les terrains argileux, après de fortes pluies, doivent être rapprochés des affaissements des pentes bien décrits par Almagia, dans

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1917, p. 145 et 291.

l'Apennin, sous le nom de *franc* (1). Du moins, en bien des cas, j'ai constaté qu'ils résultaient de l'infiltration des eaux fluviales dans les fissures de retrait de l'argile; l'épanchement de ces eaux dans quelque lit sableux ou gréseux, perméable, forme de petits niveaux aquifères qui provoquent le décollement de tout le paquet d'argile superposé et celui-ci, sollicité par la pesanteur, glisse sur la pente du versant. C'est là le mode de formation d'une *frana*.

Il me paraît intéressant de rapprocher la genèse des *rideaux* du phénomène de la *solifluction* décrit par J.-G. Anderson (2). Ce savant a été amené à considérer, en dehors de l'agent principal de la dénudation superficielle, le ruissellement, des phénomènes de glissement qui, dans les régions arctiques, peuvent jouer, dans le modelé du terrain, un rôle prépondérant.

Ses observations portent sur le petit groupe insulaire de l'Ile aux Ours, situé sur le 74°30 parallèle nord, dans la partie atlantique de l'océan Arctique. Constituées par des terrains anciens, compris entre le Silurien et le Trias, avec une succession de schistes argileux et de grès, ces îles offrent des reliefs le plus souvent adoucis. Sur les pentes, on constate que les produits d'altération superficielle des roches glissent vers le pied des versants; ils forment de véritables ruisseaux de boues qui entraînent dans leur masse des cailloux anguleux et rappellent, par leur progression, des glaciers en miniature.

Au printemps, les neiges imprègnent, par leur eau de fusion, les produits de désagrégation de surface, formés d'argile et de débris de roches dures : il en résulte la formation d'une masse semi-fluide qni se met lentement en marche, suivant les lignes de plus grande pente. Chaque été a pour effet de décaper la surface de sa couche altérée et la roche dure est soumise à une nouvelle désagrégation dont les produits subiront, au printemps suivant, une nouvelle progression vers le bas du versant.

Quand les masses de boue caillouteuse ont atteint le thalweg de la vallée, les torrents d'eaux de fusion les délavent, entraînant les particules fines pour laisser, sur place, des entassements de pierres; mais ce triage ne se produit pas sur la pente où s'opère le phénomène de glissement désigné par J.-G. Anderson sous le nom de *solifluction*.

Cet auteur a attribué aux mêmes causes la formation des *rivières de pierre*, étudiées par Darwin et Thomson, dans les îles Falkland situées sur le 52° parallèle sud. Il envisage ces formations comme dues à d'anciens glaciers de boue, dont les moraines ont été délavées par les eaux superficielles, pour laisser des amas de pierres comparables à ceux de l'Ile aux Ours.

---

(1) Dr Roberto Almagia, *Studio geografici sulli frane in Italia* (*Soc. Geogr. Italiana*, 1907, et *Mem. d. Soc. Ital. Geogr.*, 1910).

(2) J.-G. Anderson, *Solifluction, a component of subaërial denudation* (*The Journ. of Geology Chicago*, vol. 14, 1906, p. 91-112).

On est frappé de l'analogie qui existe, quant au mécanisme du phénomène qui leur donne naissance, entre les boues caillouteuses, les amoncellements et les rivières de pierre des régions de grandes latitudes, et les *rideaux* de la France septentrionale envisagés comme je l'ai fait. Dans l'un et l'autre cas il s'agit de la progression, sur la pente des versants, des produits de la désagrégation du sous-sol formés de fragments de roches englobés dans une argile rendue plastique par une imprégnation d'eau suffisante.

Dans les régions arctiques, l'imbibition se produit au moment de la fonte des neiges. La progression ne peut se faire qu'en été, la couche de surface étant en quelque sorte consolidée, en hiver, sous son manteau glacé.

A fortiori, on conçoit que l'argile à silex de nos régions françaises puisse se mouvoir plus aisément, maintenue pendant une plus longue période à l'état de plasticité, par l'imprégnation des eaux de pluie.

On peut même dire que la solifluction, telle que l'a décrite J.-G. Anderson, n'est qu'un cas particulier du phénomène qui, dans nos régions, aboutit à la formation des *rideaux*.

Ce mode de dénudation superficielle, dont l'importance ne peut échapper, n'implique pas nécessairement, en effet, l'intervention de l'eau solide sous un climat glaciaire ou subglaciaire, comme paraît le penser mon éminent confrère suédois.

Pour qu'il se manifeste, il suffit, ainsi que je l'ai fait remarquer à propos des rideaux en pays de craie, que les affleurements de terrain, susceptibles de donner de l'argile par leur désagrégation, soient exposés à un climat assez humide.

BOTANIQUE. — *L'amidon mobile et le géotropisme.* Note de M. E. **Zaepffel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On sait qu'un grand nombre d'organes végétaux, capables de s'orienter par rapport à la direction verticale sous l'action de la pesanteur, renferment des grains d'amidon mobile, c'est-à-dire capables de se déplacer, dans les cellules, sous l'action d'une force telle que la pesanteur. Ces grains d'amidon mobile, appelés assez improprement *statolithes*, s'observent dans l'endoderme des tiges, à l'extrémité des racines, dans les pétioles des feuilles, etc.

Quand un organe est déplacé de sa position normale, couché horizonta-

lement, par exemple, pour une tige ou une racine principale, les grains d'amidon mobile tombent à l'intérieur des cellules qui les renferment; dans chacune de ces cellules, ils s'appuient alors sur l'une des faces longitudinales, au lieu d'être en contact avec la face morphologiquement inférieure. De ce déplacement, d'après certains physiologistes (Haberlandt, Němec, etc.), résulterait l'excitation géotropique. Mais aucune explication entièrement satisfaisante n'a encore été donnée du mécanisme de cette action.

Je me propose, dans cette Note, de rechercher comment on peut concevoir le rôle de l'amidon mobile dans le géotropisme.

Remarquons d'abord que, dans les organes sensibles au géotropisme, Czapeck, Krauss, etc. ont attiré l'attention sur la présence de sucres réducteurs. D'autre part, étudiant la répartition de l'amylase dans les plantes, Grüss a signalé son abondance dans les points végétatifs et dans le voisinage des grains d'amidon.

Dans la feuille primordiale d'Avoine (feuille souvent désignée à tort sous le nom de *cotylédon*) que j'ai plus spécialement étudiée, j'ai observé effectivement, vers le sommet, dans la région riche en amidon mobile, des sucres réducteurs et de l'amylase : ces substances, caractérisées respectivement par la liqueur de Fehling et par la teinture de gayac en présence d'eau oxygénée, y sont nettement plus abondantes que dans le reste de cette feuille primordiale.

En résumé, dans les cellules à amidon mobile, nous trouvons en présence : *eau*, *amidon*, *diastase*, *sucres réducteurs*.

Il était dès lors intéressant de réaliser un appareil présentant les caractères essentiels d'une cellule à amidon mobile : présence simultanée d'eau, d'amidon, de diastase, de sucres et paroi hémi-perméable; puis d'en étudier les propriétés.

J'ai d'abord cherché comment se répartit, suivant la verticale, la richesse en sucre du mélange (eau, amidon, diastase, sucres), ce mélange étant renfermé dans un vase quelconque, ne présentant pas de paroi hémi-perméable. J'obtiens simplement ce mélange en traitant, par l'eau, du malt finement broyé, puis en filtant grossièrement à travers une toile métallique : les débris des cellules sont arrêtés, l'amidon traverse la toile et tombe au fond du vase, l'amylase et les sucres se retrouvent en dissolution dans le liquide.

L'amylase, par son action sur l'amidon, détermine un accroissement progressif de la richesse en sucres, lesquels apparaissent par conséquent au voisinage des grains d'amidon, puis diffusent lentement dans tout le liquide. On devrait alors observer, pendant l'action hydrolysante de la diastase, une

richesse en sucres plus considérable au fond du vase, là où se trouve l'amidon, que dans les régions supérieures : c'est ce que j'ai vérifié.

Le vase a été laissé immobile pendant 3 heures; puis à l'aide d'une pipette, j'ai puisé quelques centimètres cubes du liquide en A, vers le sommet du vase; en B, 15^{cm} plus bas, vers le milieu; et enfin en C, encore 15^{cm} plus bas, vers le fond. Recherchant alors l'action de ces trois liquides A, B, C sur un même volume, 2^{cm^3} de liqueur de Fehling ferrocyanurée, j'ai obtenu la décoloration du réactif avec 25^{cm^3} de liquide A, 20^{cm^3} de liquide B, 5^{cm^3} de liquide C. La richesse en sucres aux niveaux A, B, C était donc comme les nombres $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{4}$, 1.

Il résulte de ce qui précède que, dans un appareil renfermant de l'eau, de l'amylase, des sucres, de l'amidon, il s'établit une inégale répartition de la substance sucrée, avec un maximum dans le voisinage immédiat de l'amidon, par conséquent dans le voisinage du fond.

Ce premier point établi, voici le dispositif que j'ai utilisé pour avoir, comme dans les cellules à amidon mobile : amidon, amylase, sucres, membrane hémi-perméable.

Un osmomètre, soit de Pfeffer, soit simplement de Dutrochet, est installé dans un récipient, de telle sorte que la membrane se trouve assez éloignée du fond de ce dernier. Dans le récipient, je verse le même liquide que dans l'osmomètre : eau, amidon, diastase, sucres; les surfaces libres, dans le récipient et dans l'osmomètre, sont établies dans un même plan horizontal, correction faite de la capillarité. Au bout d'un certain temps, le niveau du liquide s'élève dans l'osmomètre, atteint un maximum, puis revient progressivement à sa hauteur initiale.

Voici, exprimées en millimètres, les valeurs de la dénivellation mesurée chaque jour, pendant une semaine, pour un osmomètre placé à $9^{cm},5$ du fond, dans un récipient de 15^{cm} de hauteur :

Jours	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Dénivellations	8	10	12	10	4	0	0

Ces résultats se comprennent facilement si l'on se rappelle l'expérience préliminaire. Dans l'osmomètre, l'amidon tombe et se rassemble au-dessus de la membrane; dans le récipient, l'amidon tombe également et se rassemble au fond : par conséquent, il y a de l'amidon au-dessus de la membrane de l'osmomètre, et il n'y en a pas immédiatement en dessous. Dès lors, du sucre prend naissance dans l'osmomètre au-dessus de la membrane; celui qui apparaît en dessous, dans le récipient, ne se forme que beaucoup plus bas, au voisinage de l'amidon, donc au voisinage du fond; et ce n'est que plus tard, après une diffusion lente, qu'il peut parvenir jusqu'à l'osmomètre.

Dès que la digestion de l'amidon a commencé, la membrane ne sépare plus deux liquides identiques : la richesse en sucre, plus considérable en

dessus qu'en dessous, détermine un appel osmotique d'eau vers le côté le plus riche, c'est-à-dire du bas vers le haut.

Des expériences précédentes, je conclus que la concentration en sucre au voisinage immédiat des grains d'amidon, en voie d'hydrolyse, se maintient pendant un temps notable.

Lorsque ces grains d'amidon s'appuient sur une membrane hémi-perméable, des phénomènes d'osmose prennent alors naissance : la pression osmotique augmente au-dessus de la membrane, déterminant un appel d'eau vers la surface qui est en contact avec l'amidon, c'est-à-dire vers le haut.

Or, dans les végétaux, les cellules vivantes à amidon mobile, avec leur amidon s'appuyant sur la paroi protoplasmique, membrane hémi-perméable, avec leur amylase, avec leurs sucres réducteurs, constituent entre elles, et aussi entre elles et les cellules voisines dépourvues d'amidon mobile, un groupement d'osmomètres en équilibre dynamique; et cela dans tout organe orienté dans leur position naturelle.

Lorsque l'organe est écarté de cette position normale, lorsqu'une tige ou une racine principale est par exemple placée horizontalement, les grains d'amidon mobile tombent sur des parois cellulaires longitudinales; la chute de l'amidon mobile sur ces parois, devenues horizontales, détermine des modifications dans les rapports osmotiques entre les diverses cellules; la turgescence des tissus se trouve donc modifiée par une nouvelle répartition de l'eau. Cette variation de la turgescence détermine dans l'organe végétal considéré, des déformations dont peuvent résulter les courbures géotropiques.

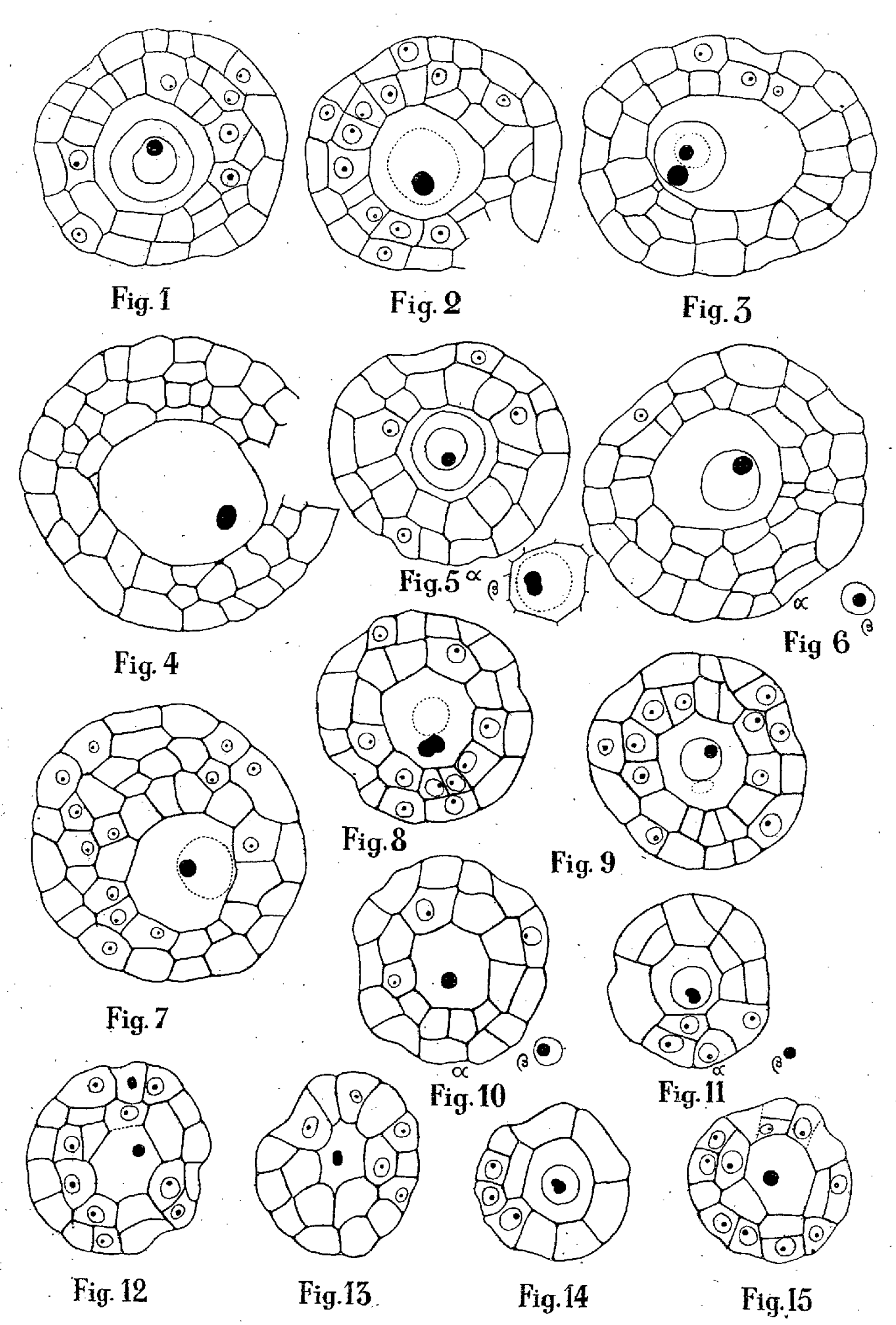
CYTOLOGIE. — *Observations sur les masses chromatiques du cytoplasme de l'oosphère chez* Mnium undulatum *Weis et* Mnium punctatum *Hedwig*. Note (1) de M. **Jacques Pottier**, présentée par M. L. Mangin.

G.-M. Holferty (2) a figuré et signalé sans insister des masses chromatiques au nombre de 1 à 3 dans le cytoplasme de l'oosphère du *Mnium cuspidatum*.

---

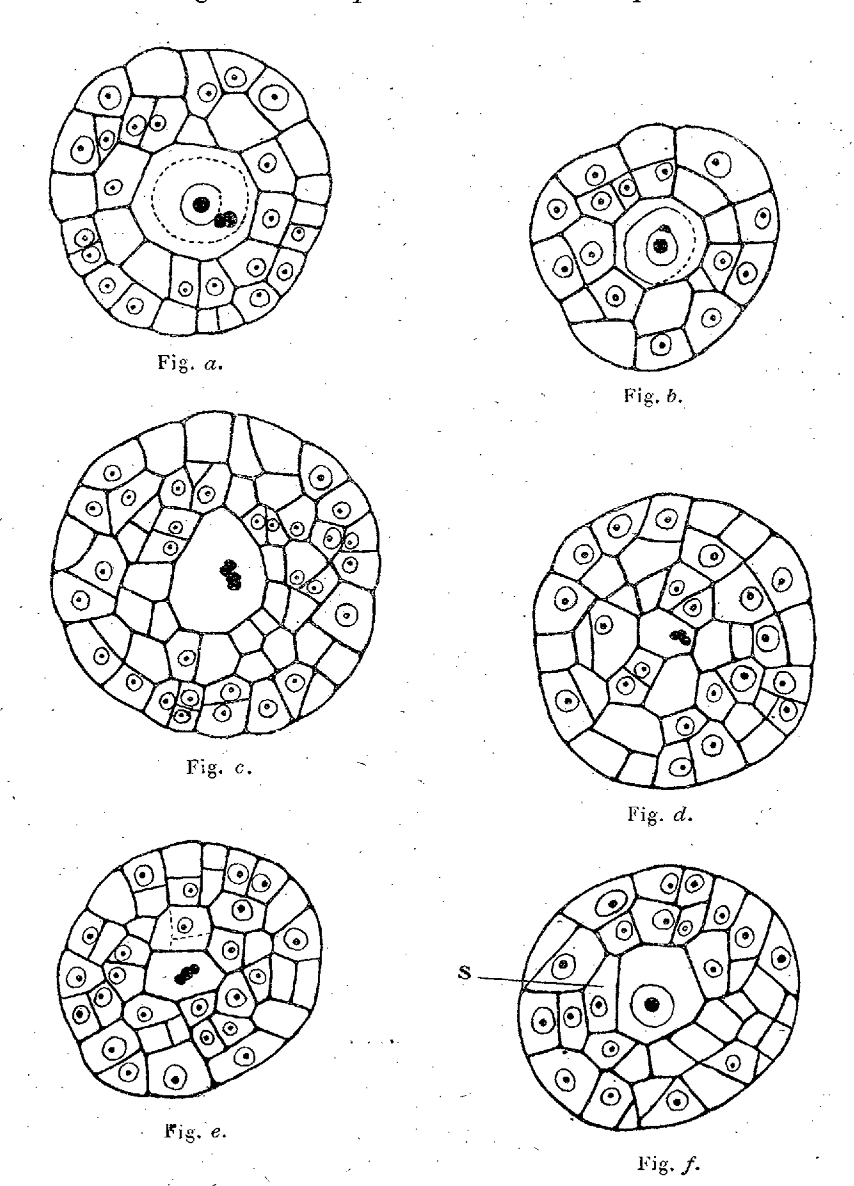
(1) Séance du 22 août 1921.

(2) Voir figures 26, 28, 29 et 33 de son travail intitulé : *The archegonium of Mnium cuspidatum* (*Botanical Gazette*, 37, february 1904, p. 106-126, avec planches 5 et 6). Il écrit, page 25, à propos de l'explication des figures 26 à 29 : « Egg cells showing masses of chromatin thrown off into the cytoplasm-an occurrence quite common for eggs, less so for ventral canal cells. »



Coupes transversales de ventres d'archégones de *Mnium undulatum* (grossies 600 fois).

J'ai pu observer des formations de ce genre chez *M. undulatum* fixé au liquide de Flemming et chez *M. punctatum* fixé au liquide de Kaiser. J'ai



Coupes transversales de ventres d'archégones de *Mnium punctatum* (grossies 600 fois).

coloré les préparations au mélange fuchsine, vert d'iode, bleu de méthyle et congocorint. Les masses chromatiques que j'observais dans le cyto-

plasme étaient fortement colorées en rouge sombre chez *M. undulatum*. Les archégones possédant ces masses étaient en général sûrement fermés; celles-ci ne pouvaient donc être des pronucléus mâles gonflés dans le plasma femelle. Ce ne peuvent être non plus des noyaux dégénérés par pycnose [de cellule sœur de l'oosphère par exemple (¹)], car j'aurais trouvé des stades où le caryoplasme eût été encore visible. Je considère que ce sont des portions détachées par étranglement de la masse chromatique du noyau de l'oosphère (voir *fig.* 11 α et 14). Elles sont en général situées dans le fond de la cavité ventrale. Ainsi la figure 2 est la mise au point inférieure de la figure 1. L'inverse peut avoir lieu (*fig.* 8 et 9). On observe fréquemment la division en deux de ces masses (*fig.* 5 β et 8). Leurs dimensions sont (en cas de division, j'indique celles de l'ensemble) pour celles de la figure 2 ($5^{\mu},8$ sur $4^{\mu},7$), de la figure 3 ($5^{\mu},2$ sur $4^{\mu},7$), de la figure 4 ($6^{\mu},1$ sur $4^{\mu},7$), de la figure 5 β ($6^{\mu},1$ sur $3^{\mu},8$), de la figure 6 (5^{μ} sur $4^{\mu},4$), de la figure 7 ($4^{\mu},4$), de la figure 8 ($6^{\mu},3$ sur $4^{\mu},4$), de la figure 10 ($4^{\mu},1$), de la figure 11 β (3^{μ}), de la figure 12 (3^{μ}), de la figure 13 ($3^{\mu},8$ sur $2^{\mu},5$), de la figure 15 ($3^{\mu},6$). Chez *M. punctatum* les préparations étaient très pâles, peu nettes et les masses chromatiques bien plus petites. Dans la figure *a* on en voit une en division formant deux boules de $2^{\mu},5$ de diamètre. La figure *b* montre une excroissance colorée d'un noyau d'oosphère (est-ce la sortie d'une masse chromatique?). Les figures *c*, *d*, *e* montrent, au centre, des fonds de cavités ventrales d'archégones contenant des masses chromatiques au nombre de deux divisées en deux : figure *c* (de $3^{\mu},3$ sur 3^{μ} chacune) et figure *d* ($3^{\mu},3$ sur 2^{μ} chacune), la masse de gauche recouvrant la moitié de celle de droite. Dans la figure *e*, il semble y avoir une seule masse étranglée deux fois (de 3^{μ} sur 2^{μ}). Les masses chromatiques sont souvent entourées d'une zone claire dans les deux espèces.

PHYSIOLOGIE. — *Origine périphérique de l'hyperthermie provoquée par le bleu de méthylène*. Note (²) de MM. **W. Koskowski** et **Ét. Maigre**.

Chez le chien, chloralosé ou non, le bleu de méthylène en injections intraveineuses et en quantité suffisante ($0^{g},05$ à $0^{g},20$ au moins) détermine constamment une forte hyperthermie (³). Les résultats de nos expé-

---

(¹) Il peut, en effet, exister une cellule sœur de l'oosphère (voir figure *f* en *s*).

(²) Séance du 16 août 1921.

(³) C. Heymans et Ét. Maigre, *C. R. de la Société de Biologie*, 1921, 25 juin, p. 141.

riences permettent, croyons-nous, d'attribuer une origine périphérique à ce phénomène. En effet :

1° L'injection dans le quatrième ventricule de 2^{cg} à 4^{cg} de bleu ne fait pas varier la température;

2° Les veines jugulaires internes et externes étant liées, l'injection, dans le bout distal de la carotide, de quantités de bleu allant jusqu'à 14^{cg}, n'a eu, chez le chien chloralosé, aucun effet thermique, ou a été suivie, après plus d'une heure et demie, d'une élévation de quelques dixièmes de degré, que suffit à expliquer la diffusion par les veines spinales;

3° Chez le chien non chloralosé ou chloralosé, l'antipyrine, aux doses de 2^{g} à 5^{g}, injectée dans les veines avant le bleu ou pendant son action, n'exerce pas d'influence antipyrétique;

4° Une expérience de circulation croisée (vertébrales et jugulaires internes liées, sang rendu incoagulable, carotides et jugulaires externes croisées) a montré que l'injection, par doses fractionnées, de 20^{cg} de bleu dans la saphène d'un des chiens, peut faire monter, en $1^{h}40^{m}$, sa température de 2°,4, tandis que celle de l'autre chien, antérieurement préparé, dont les veines spinales étaient par conséquent plus dilatées, ne s'est élevée que de 1°,25, la hausse de la température ayant commencé chez le premier 4 minutes après, chez le deuxième 19 minutes après la première injection de bleu, ce qui est en faveur d'un phénomène de diffusion, et nullement d'une action directe sur les centres thermiques;

5° Les ligatures des vertébrales, des carotides, des jugulaires internes et externes, et la section de la moelle au-dessous du bulbe n'empêchent pas le bleu de méthylène de déterminer l'hyperthermie.

Celle-ci paraît donc être d'origine périphérique. Il est peu probable que le « choc hémoclasique » joue un grand rôle dans sa production, le bleu de méthylène étant, avec l'acide picrique, le type des colorants non colloïdaux [1]. Ce corps, d'autre part, se fixe électivement sur les fibres terminales des nerfs parasympathiques et les paralyse; on peut donc chercher dans une transformation plus active du glycogène hépatique en glucose et une combustion plus intense de ce dernier, l'une des causes de l'effet hyperthermisant. Car les expériences de Vasoin, celles de Raphaël Dubois et celles de Rossi [2] ont montré que le pneumogastrique exerce une influence

(1) L. Michaelis, *Handbuch der Biochemie des Menschen und der Thiere*, t. 2, 1909, p. 193.

(2) R. Dubois, *C. R. Soc. Biol.*, 1894, p. 219. — A. Rossi, *Archivio di Fisiologia*, 1915, p. 155.

inhibitrice sur la transformation du glycogène et la libération du glucose dans le foie. La paralysie des fibres terminales intrahépatiques de ce nerf doit alors avoir pour conséquence l'hyperglycémie, l'excès de glucose, exothermiquement détruit, pouvant l'être par les tissus (surtout par le tissu musculaire) ou par le colorant lui-même, sous l'influence, par exemple, d'un catalyseur. *In vitro*, on le sait en effet, le bleu de méthylène est réduit et décoloré par le glucose, mais à la température de l'ébullition. Et c'est d'ailleurs ce qui rend impossible, par les méthodes ordinaires, le dosage du glucose dans le sang après injection de bleu, l'excès de colorant décomposant une partie du glucose.

Ne pouvant mesurer la glycémie, nous avons fait les expériences suivantes :

Nous avons d'abord réalisé la séparation physiologique du foie, soit en liant l'artère hépatique, l'artère mésentérique supérieure et la veine porte, soit, puisque l'expérience devait être de courte durée, en modifiant la technique de la fistule d'Eck : après ligature de l'artère hépatique, le sang était rendu incoagulable, et la branche verticale d'une canule en forme de T, dont la branche horizontale occupait un segment de la veine cave, communiquait avec une canule introduite dans la veine porte après ligature juxta-hépatique de celle-ci. Dans ces conditions, l'injection de 10^{cg} à 15^{cg} de bleu, par doses de 5^{cg}, n'a été suivie d'aucune élévation de la température; mais, bien que chaque expérience ait été reproduite deux fois, la survie des chiens fut trop courte pour permettre une conclusion ferme (mort subite au bout d'une heure environ, presque immédiatement successive à une injection de bleu de méthylène, l'observation des effets de celui-ci n'ayant duré qu'une demi-heure, temps d'ailleurs suffisant, dans les conditions normales, pour que l'hyperthermie ait commencé).

Au lieu de séparer le foie, on peut rendre les muscles inactifs. Un chien curarisé, malgré l'injection, par doses fractionnées de 55^{cg} de bleu, n'a présenté, et seulement pendant une partie de l'expérience, qu'une élévation de température de 2 dixièmes et demi de degré. Ce qui semble indiquer que le système musculaire joue un grand rôle dans l'hyperthermie provoquée par le bleu de méthylène, laquelle admettrait donc une libération, puis, dans les muscles, une décomposition du glucose parmi ses facteurs [1].

---

[1] On sait que le bleu de méthylène, après injections intraveineuses, s'accumule dans certaines parties de l'organisme : le foie, les îlots de Langerhans (Gautrelet et Gravellat, *C. R. Soc. Biol.*, 1905 et 1906; — Herter, *Zeitschr. f. physiol.*

Les solutions utilisées étaient à 1 pour 100 dans l'eau salée à $\frac{9}{1000}$. Sauf une ou deux exceptions, les chiens, presque tous jeunes, pesaient entre 7^{kg} et 10^{kg}. Hormis les cas où le foie était séparé de l'organisme, le bleu fut toujours bien supporté; il nous a même paru non seulement réchauffer l'animal, mais encore diminuer le shock opératoire.

PHYSIOLOGIE. — *La tension superficielle et la suppression du choc par l'hyposulfite de soude.* Note (¹) de M. **W. Kopaczewski**, transmise par M. d'Arsonval.

Nous avons effectué encore une fois (²) des mesures de la tension superficielle du sérum seul ou mélangé avec des quantités croissantes d'hyposulfite de soude.

Pour rendre nos expériences facilement contrôlables, nous les donnons avec tous les détails.

L'hyposulfite de soude employé était pur (Poulenc); cette fois nous avons expérimenté avec le sérum de cheval.

Voici nos résultats effectués à la température 20° C :

Substances.	Nombre de gouttes.	Densité.	Temps d'écoulement en secondes.	Tension superficielle en dynes par centimètre.
H^2O distillé	40,5	1,0000	182	73,0
NaCl à 7,5 pour 1000	»	1,0008	184	74,1
Hyposulfite de soude à 5 pour 100	41,25	1,0234	202	73,35
Hyposulfite de soude à 20 pour 100	44,00	1,0724	230	72,04
Sérum de cheval	50,0	1,0283	466	60,70
Sérum dilué avec hyposulfite de soude à 20 p. 100 (2 gouttes pour 4^{cm^3})	50,5	1,0285	400	60,21
Sérum de cheval	47,75	1,0260	370	63,52

Chemie, 1904). Il se peut qu'il provoque là, et aussi dans le sang, des réaction chimiques exothermiques. Toutefois, l'azur de méthylène, dérivé sulfoné, dont la molécule ne diffère de celle du bleu que par l'addition de deux atomes d'oxygène, ne donne pas une hyperthermie supérieure. Celle-ci, d'après ce que nous avons constaté, est même moins rapide que celle que détermine le bleu : fait qui, confirmé par de nombreuses expériences, ne serait pas favorable à l'hypothèse d'une hyperthermie d'origine purement chimique.

(¹) Séance du 22 août 1921.

(²) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 337, 936.

Substances.	Nombre de gouttes.	Densité.	Temps d'écoulement en secondes.	Tension superficielle en dynes par centimètre.
Sérum dilué avec hyposulfite de soude à 20 p. 100 (4 gouttes pour 4^{cm^3})..	48,25	1,0262	388	62,87
Sérum de cheval..................	47,25	1,0305	457	62,57
Sérum dilué avec hyposulfite de soude à 20 p. 100 (16 gouttes pour 4^{cm^3})..	48,25	1,0425	400	61,25
Sérum de cheval..................	46,5	1,0280	405	65,36
Sérum dilué à $\frac{1}{2}$ avec H^2O..........	44,25	1,0150	270	67,80
Sérum dilué à $\frac{1}{2}$ d'hyposulfite de soude à 5 pour 100....................	47,5	1,0265	261	62,24

Ces expériences facilement contrôlables, effectuées avec notre tonomètre (1), nous les considérons comme définitives et attendons leur vérification.

Bien entendu, ces modifications de la tension superficielle ne sont pas très accentuées, mais on ne peut pas les nier. Et s'il faut discuter la question de l'efficacité d'une si petite diminution de la tension superficielle, le champ est alors ouvert pour une discussion et pour les éclaircissements voulus.

Le fait existe : l'hyposulfite s'oppose à l'augmentation de la tension superficielle que provoque la dilution du sérum avec de l'eau distillée ou le sérum physiologique. Il s'y oppose d'une façon nette et assez accentuée ; il peut donc agir dans le sens antifloculant.

Cela ne préjuge rien, ainsi que nous l'avons souligné dès le début de cette discussion, au sujet de la possibilité d'une intervention éventuelle d'autres facteurs, tels la charge électrique, pression osmotique, viscosité, etc., ou des facteurs nouveaux, inconnus aujourd'hui.

Si l'on ne perd pas de vue le fait que les substances les plus diverses au point de vue chimique agissent dans le sens de suppression de phénomènes du choc par contact et en même temps toutes ces substances diminuent fortement la tension superficielle du sérum, le rôle de cette tension superficielle apparaît indiscutable. Et, *a priori*, ce rôle a été maintes fois prouvé dans les réactions colloïdales de floculation.

A moins d'avoir des bases expérimentales solides, on ne peut donc pas nier l'influence capitale jouée dans la suppression du choc par ce facteur.

---

(1) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 723; *La Nature*, 7 mai 1921; *Archives de Physique biologique*, t. 1, 1921.

Tout récemment M. Lumière ([1]) déclare que le même sel (l'hyposulfite de soude) « *permet d'éviter le choc barytique, alors qu'il ne dissout nullement le sulfate de baryte. Nous avons observé en outre que l'hyposulfite de sodium n'exerce son effet empêchant que si les accidents de choc sont précoces, de sorte que de nouvelles recherches doivent être faites avant que l'on puisse en préconiser l'emploi, d'autant plus que nous ne sommes pas certains qu'il n'exerce pas une action sur les propriétés des médicaments injectés. D'ailleurs on trouvera peut-être, par la suite, d'autres produits jouant le même rôle.* »

Ainsi M. A. Lumière remet lui-même en question le fait de la suppression des phénomènes du choc par l'hyposulfite de soude, constate l'irrégularité de cette suppression et apporte des restrictions concernant l'emploi de ce sel.

Les mesures que nous donnons permettent de constater que *l'hyposulfite empêche l'augmentation de la tension superficielle du sérum produite par son mélange avec l'eau distillée ou la solution physiologique et qu'il diminue, en plus, cette constance du sérum.*

Ainsi, *sans rien préjuger de l'importance d'autres facteurs, qui peuvent jouer dans la suppression du choc un rôle important, la valeur de l'abaissement de la tension superficielle, parfaitement sûre dans toutes les réactions colloïdales, ne doit pas être méconnue dans les phénomènes du choc par contact en se basant sur la suppression, problématique d'ailleurs, du choc par l'hyposulfite de soude. D'autant plus que cet abaissement est en parfait accord avec des faits nombreux* ([2]) *de suppression de ces phénomènes par des substances les plus variées, mais ayant, toutes, la propriété nette de diminuer la tension superficielle.*

PHYSIOLOGIE. — *Modification de la chronaxie des nerfs moteurs et des muscles par répercussion réflexe.* Note ([3]) de M. **Georges Bourguignon**, transmise par M. d'Arsonval.

Dans une Note présentée à l'Académie le 30 mai 1921, j'ai montré les variations pathologiques de la « chronaxie » dans la dégénérescence wallérienne neuromusculaire chez l'homme. J'ai rappelé ce qu'est la caractéristique d'excitabilité

([1]) A. Lumière, *Rôle des colloïdes chez les êtres vivants*, Paris, juillet 1921, p. 110 (souligné par nous).

([2]) Kopaczewski, *Annales de Médecine*, 1920-1921.

([3]) Séance du 22 août 1921.

désignée par L. Lapicque sous le nom de *chronaxie*, ainsi que la technique que j'emploie pour la déterminer chez l'homme à l'aide des décharges de condensateurs [1].

En étudiant la chronaxie des nerfs et muscles sains du même côté que le nerf blessé et du côté opposé, j'ai vu que la lésion d'un nerf quelconque agit par « répercussion » sur la chronaxie de ceux des muscles sains du même côté et du côté opposé qui ont la même chronaxie que le nerf blessé. Il y a répercussion entre les muscles et les nerfs de deux membres symétriques, mais je n'en ai pas observé des membres supérieurs sur les membres inférieurs et *vice versa*.

Ainsi chez un blessé de guerre ayant le nerf cubital sectionné d'un côté, la chronaxie se modifie dans le domaine du nerf médian du même côté et du médian et du cubital du côté opposé.

La chronaxie est la même, de $0^s,00030$ dans tout le domaine de ces deux nerfs. Au contraire, la chronaxie reste normale dans le domaine de nerfs de chronaxie différente, tel que le musculo-cutané et le circonflexe ($0^s,00010$ pour tout le domaine de ces deux nerfs).

Ces faits ont été relatés dans le pli cacheté que j'ai déposé à l'Académie des Sciences le 9 octobre 1916 et qui a été ouvert le 7 mai 1921.

Depuis le dépôt de ce pli cacheté, j'ai observé de nouveaux faits qui précisent les lois de ces répercussions.

I. J'ai vu en effet que la répercussion, quelque temps après avoir atteint les nerfs et muscles de même chronaxie que le nerf blessé s'étend aux antagonistes dont la chronaxie est différente, mais voisine.

Les répercussions apparaissent pendant que la lésion du nerf malade ou blessé est en activité; elles disparaissent quand la lésion est définitivement organisée. Ainsi, chez de nombreux blessés de guerre, qui réalisaient de véritables expériences, les répercussions, dans le cas de section d'un nerf, existaient tant que le névrome se formait. Quand, au bout de plusieurs mois, le névrome était définitivement organisé, la répercussion disparaissait et la chronaxie revenait à sa valeur normale dans les muscles et nerfs qui étaient le siège de la répercussion ; mais, si le chirurgien intervenait, réséquait le névrome et suturait le nerf, la répercussion reparaissait et durait autant que le processus de régénération du nerf et des muscles.

II. Dans les répercussions, la chronaxie varie inégalement sur le nerf, au point moteur du muscle, et par excitation longitudinale (excitation directe des fibres musculaires en plaçant l'électrode active à l'union du muscle et du tendon). Sur le nerf, elle reste normale ou augmente légèrement (1 fois et demie à 3 fois la normale). Au point moteur, tantôt elle diminue ($\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{3}$ de la normale), tantôt elle augmente un peu plus que sur le nerf

---

[1] G. Bourguignon, *Société de Biologie*, 30 avril 1921.

(2 à 10 fois la normale). Par excitation longitudinale, on trouve la chronaxie plus augmentée qu'au point moteur et sur le nerf. La répercussion produit donc des modifications de la chronaxie moins importantes que la dégénérescence, mais analogues à celles de la dégénérescence partielle. Il n'y a pas de différence entre une répercussion et un début de dégénérescence. Il me paraît d'ailleurs, d'après quelques faits, que la dégénérescence wallérienne produit au début une diminution de la chronaxie du point moteur, mais cette phase est de courte durée et échappe le souvent à l'observation.

Dans quelques cas exceptionnels, la répercussion peut aller jusqu'à la réaction de dégénérescence caractérisée (contraction lente et chronaxie très grande), comme il en a été publié quelques exemples par différents auteurs pendant la guerre. Ces faits ne sont que des cas extrêmes, exceptionnels, de la loi générale de la répercussion, qui est constante. De même, l'ophtalmie sympathique me paraît n'être qu'un cas particulier de cette même loi.

III. Il n'est pas nécessaire, pour qu'il y ait répercussion, que la lésion siège sur le nerf mixte. On sait depuis longtemps que la lésion d'une articulation produit l'atrophie des muscles qui la meuvent. C'est ce que, depuis Charcot, on appelle *atrophie réflexe*. Or, d'après mes recherches dans l'atrophie réflexe, la chronaxie se modifie de la même manière et prend des valeurs du même ordre de grandeur que dans les répercussions.

J'ai même vu, chez les blessés de guerre, des atrophies musculaires avec modification de la chronaxie analogue, dans des cas de lésions osseuses. Ainsi, chez un blessé dont le quatrième métacarpien avait été fracturé par une balle, la chronaxie était altérée dans le troisième et le quatrième interosseux dorsaux, muscles insérés sur l'os qui avait été fracturé, alors que les autres interosseux dorsaux et tous les muscles de la main avaient leur chronaxie normale.

Conclusions. — Tous ces faits sont du même ordre. Ils montrent qu'il faut considérer, à côté des lésions directes du nerf moteur produisant la dégénérescence des muscles innervés, des modifications d'excitabilité par voie réflexe : le point de départ de ce réflexe peut siéger sur le trajet du nerf mixte lésé ou seulement sur les filets sensitifs qui innervent un organe malade en rapport fonctionnel avec le muscle (os ou articulation).

A côté des altérations pathologiques de l'excitabilité à distribution périphérique (lésion d'un nerf) ou à distribution radiculaire (lésions des racines rachidiennes) il faut faire une place aux altérations régionales dont le

mécanisme est à mécanisme réflexe. Le terme réflexe en pathologie doit donc prendre une signification beaucoup plus extensive que celle qu'on lui a donné jusqu'à présent.

La répercussion de la lésion d'un nerf sur le nerf symétrique, fait comprendre le caractère généralement symétrique de toutes les maladies du système nerveux.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 16 août 1921.)

Note de M. *Éd. van Aubel*, Influence de la température sur la viscosité des liquides normaux :

Page 385, ligne 12, *au lieu de* n, *lire* η.
Page 386, ligne 10 en remontant, *au lieu de* Heyweiller, *lire* Heydweiller.
Page 387, ligne 23, *au lieu de* 506,2, *lire* 506,8.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 SEPTEMBRE 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce que M. le Dr Bazy rapporte de bonnes nouvelles de S. A. S. le Prince de Monaco, dont la santé avait donné des inquiétudes.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Piot Bey**, Président de l'Institut d'Égypte, et à M. **Audebeau Bey**, Membre du même Institut.

CORRESPONDANCE.

M. **F. de Zeltner** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1914.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

E. Leroux. *Oséiculture*. (Présenté par M. L. Lindet.)

M. **de Montessus de Ballore** adresse des remercîments pour la distinction qui a été accordée à ses travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les ensembles de points où la dérivée est infinie*. Note de M. **Stefan Banach**.

M. Lusin a démontré que l'ensemble de points où la dérivée d'une fonction *continue* $f(x)$ est $+\infty$ est de mesure nulle (1). M. Ruziewicz m'a

(1) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1688; *Recueil de la Société mathématique de*

communiqué une idée comment on pourrait démontrer ce théorème pour toute fonction d'une variable réelle (mesurable ou non). Le but de cette Note est de démontrer un théorème, un peu plus général, que voici :

L'ensemble de points x, où la dérivée à droite $f'_+(x) = +\infty$, est de mesure nulle pour toute fonction $f(x)$ d'une variable réelle.

Soit $f(x)$ une fonction donnée d'une variable réelle. Désignons par E l'ensemble de points x où la dérivée à droite, $f'_+(x)$, est $= +\infty$. Pour tout point x de E existe évidemment un nombre positif δ_x tel que pour tout nombre ξ intérieur à l'intervalle $(x, x - \delta_x)$ subsiste l'inégalité

$$(1) \qquad f(x) < f(\xi).$$

Désignons par E_n l'ensemble de ces points de E pour lesquels existe un nombre $\delta_x > \frac{1}{n}$ tel que l'inégalité $x < \xi < x + \delta_x$ entraîne l'inégalité (1). (L'ensemble E_n est évidemment toujours contenu dans E_{n+1} et nous avons $E = E_1 + E_2 + E_3 + \ldots$.)

Si chacun des ensembles E_n avait une mesure nulle, notre théorème serait démontré. Admettons donc que l'ensemble E_k ne jouit pas de cette propriété (c'est-à-dire a une mesure positive ou bien est non mesurable). Dans ce cas il existe évidemment un intervalle $\Delta = (a, b)$ de longueur $< \frac{1}{k}$ tel que l'ensemble ΔE_k (la portion de E_k contenue dans Δ) n'est pas de mesure nulle.

Soient x_1 et $x_2 > x_1$ deux points de l'ensemble ΔE_k. D'après la définition de l'ensemble E_k et la propriété de l'intervalle Δ, nous concluons que l'inégalité (1) subsiste pour $x = x_1$ et $\xi = x_2$, ce qui donne

$$f(x_1) < f(x_2).$$

Il en résulte que la fonction $f(x)$ est croissante dans l'ensemble ΔE_k.

Définissons maintenant dans l'intervalle $\Delta = (a, b)$ la fonction $\varphi(x)$ comme borne supérieure de tous les nombres $f(\xi)$ pour $a \leq \xi \leq x$; $\varphi(x)$ sera évidemment une fonction non décroissante dans (a, b), donc aura, comme l'on sait, presque partout une dérivée finie. L'ensemble $\mathfrak{N}$, où la fonction $\varphi(x)$ ne possède pas de dérivée finie, est donc de mesure nulle.

On voit sans peine que pour tout point x de l'ensemble ΔE_k qui est limite d'une suite décroissante de points de cet ensemble, nous avons $\overline{\varphi'_+}(x) = +\infty$ [puisque $f'_+(x) = +\infty$ et $\varphi(t) = f(t)$ dans ΔE_k]. Il en résulte que l'ensemble ΔE_k, sauf peut-être un nombre fini ou une infinité dénombrable de

---

Moscou (*Matiematitschesky Sbornik*), vol. 28 (en russe). — Cf. G.-C. YOUNG, *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 909.

points (qui ne sont pas points d'accumulation de droite de ΔE_k) est contenu dans l'ensemble $\mathfrak{M}$. Par conséquent ΔE_k est de mesure nulle, ce qui implique une contradiction. Notre théorème est ainsi démontré.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le mouvement irrotationnel et permanent d'un liquide, les trajectoires étant planes et verticales et le régime permanent.* Note de M. J. **Grialou.**

Nous nous proposons dans ce travail de déterminer l'expression générale de la vitesse V dans un liquide animé d'un mouvement irrotationnel, les trajectoires étant planes et verticales et le régime permanent.

Nous savons que u et w étant les composantes horizontale et verticale de la vitesse V en chaque point du liquide, on a les deux relations

$$(1)\qquad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0,$$

équation de continuité;

$$(2)\qquad 0 = \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} = 2\eta,$$

relation qui exprime que le tourbillon est nul.

Nous avons

$$u = \mathrm{V}\cos\alpha, \qquad w = \mathrm{V}\sin\alpha.$$

Il en résulte

$$(3)\qquad \frac{\partial \mathrm{V}}{\partial x}\cos\alpha - \mathrm{V}\sin\alpha\frac{\partial\alpha}{\partial x} + \frac{\partial \mathrm{V}}{\partial z}\sin\alpha + \mathrm{V}\cos\alpha\frac{\partial\alpha}{\partial z} = 0,$$

$$(4)\qquad \frac{\partial \mathrm{V}}{\partial z}\cos\alpha - \mathrm{V}\sin\alpha\frac{\partial\alpha}{\partial z} - \frac{\partial \mathrm{V}}{\partial x}\sin\alpha - \mathrm{V}\cos\alpha\frac{\partial\alpha}{\partial x} = 0;$$

$$(5)\qquad \left(\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial x} + \mathrm{V}\frac{\partial\alpha}{\partial z}\right)\cos\alpha = \left(\mathrm{V}\frac{\partial\alpha}{\partial x} - \frac{\partial \mathrm{V}}{\partial z}\right)\sin\alpha,$$

$$(6)\qquad \left(\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial z} - \mathrm{V}\frac{\partial\alpha}{\partial x}\right)\cos\alpha = \left(\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial x} + \mathrm{V}\frac{\partial\alpha}{\partial z}\right)\sin\alpha,$$

et, par division,

$$(7)\qquad \left(\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial x} + \mathrm{V}\frac{\partial\alpha}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial z} - \mathrm{V}\frac{\partial\alpha}{\partial x}\right)^2 = 0,$$

ce qui donne

$$(8)\qquad \frac{1}{\mathrm{V}}\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial x} = -\frac{\partial\alpha}{\partial z}, \qquad \frac{1}{\mathrm{V}}\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial z} = \frac{\partial\alpha}{\partial x};$$

$$(9)\qquad \frac{\mathrm{V}\dfrac{\partial^2 \mathrm{V}}{\partial x^2} - \left(\dfrac{\partial \mathrm{V}}{\partial x}\right)^2}{\mathrm{V}^2} = -\frac{\partial^2\alpha}{\partial x\,\partial z}, \qquad \frac{\mathrm{V}\dfrac{\partial^2 \mathrm{V}}{\partial z^2} - \left(\dfrac{\partial \mathrm{V}}{\partial z}\right)^2}{\mathrm{V}^2} = \frac{\partial^2\alpha}{\partial x\,\partial z};$$

$$\mathrm{V}\,\Delta\mathrm{V} = \left(\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial z}\right)^2 = \mathrm{V}\left(\frac{\partial^2 \mathrm{V}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \mathrm{V}}{\partial z^2}\right).$$

On peut alors poser

$$(10) \qquad \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)^2, \qquad \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)^2,$$

et l'on en déduit

$$(11) \qquad \frac{V\dfrac{\partial^2 V}{\partial x^2} - \left(\dfrac{\partial V}{\partial x}\right)^2}{V^2} = 0 = \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\dfrac{\partial V}{\partial x}}{V}\right), \qquad \frac{V\dfrac{\partial^2 V}{\partial z^2} - \left(\dfrac{\partial V}{\partial z}\right)^2}{V^2} = 0 = \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\dfrac{\partial V}{\partial z}}{V}\right),$$

et en intégrant

$$\frac{\dfrac{\partial V}{\partial x}}{V} = f(z), \qquad \frac{\dfrac{\partial V}{\partial z}}{V} = \varphi(x), \qquad \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial x}dx + \frac{\partial V}{\partial x}dz\right) = f(z)\,dx + \varphi(x)\,dz;$$

$$(12) \qquad \frac{1}{V}dV = f(z)\,dx + \varphi(x)\,dz.$$

Le premier membre étant une différentielle exacte, il en est de même du second, d'où la condition

$$(13) \qquad f'(z) = \varphi'(x) = a;$$

$$(14) \qquad f(z) = az + b, \qquad \varphi(x) = ax + c;$$

$$(15) \qquad \frac{dV}{V} = (az + b)\,dx + (ax + c)\,dz;$$

et en intégrant

$$(16) \qquad \mathrm{L}\frac{V}{C} = axz + bx + cz;$$

$$(17) \qquad V = C\,e^{(ax+c)z+bx},$$

ce qui donne bien V avec quatre constantes arbitraires.

On a ensuite

$$\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial z}dx - \frac{\partial V}{\partial x}dz\right) = \frac{\partial \alpha}{\partial x}dx + \frac{\partial \alpha}{\partial z}dz = d\alpha;$$

$$\frac{1}{V}\frac{\partial V}{\partial z} = ax + c; \qquad \frac{1}{V}\frac{\partial V}{\partial x} = az + b,$$

$$d\alpha = (ax + c)\,dx - (az + b)\,dz,$$

$$(18) \qquad \alpha = \frac{ax^2}{z} + cx - \left(\frac{az^2}{z} + bz\right) + \left(\frac{az_0^2}{z} + bz_0\right) = \text{arc tang}\,\frac{dz}{dx},$$

en admettant que pour $x = 0$, $\alpha = 0$, $z = z_0$. On peut remarquer que $\Delta\alpha = 0$, c'est-à-dire que α est une fonction harmonique. Il vient ensuite

$$(19) \qquad \frac{dz}{dx} = \text{tang}\left[\frac{ax^2}{2} + cx - \left(\frac{az^2}{2} + bz\right) + \left(\frac{az_0^2}{2} + bz_0\right)\right] = \text{tang}\,\alpha,$$

équation différentielle des trajectoires.

Les composantes u et w de la vitesse V en chaque point seront

$$(20)\qquad u = \mathrm{V}\cos\alpha = \mathrm{V}\cos\left[\frac{ax^2}{2} + cx - \left(\frac{az^2}{2} + bz\right) + \left(\frac{az_0^2}{2} + bz_0\right)\right],$$

$$(21)\qquad w = \mathrm{V}\sin\alpha = \mathrm{V}\sin\left[\frac{ax^2}{2} + cz - \left(\frac{az^2}{2} + bz\right) + \left(\frac{az_0^2}{2} + bz_0\right)\right],$$

où V a la valeur calculée plus haut.

La pression en chaque point du liquide est alors donnée par la relation (où μ est le coefficient de viscosité du liquide)

$$z + \frac{p}{\Pi} + \frac{\mathrm{V}^2}{2g} = \mathrm{C} + \frac{\mu}{\Pi}\int(\Delta u\, dx + \Delta w\, dz)$$

qui devient, puisque le tourbillon est nul et que

$$\Delta u = 2\frac{\partial n}{\partial z} = 0; \qquad \Delta w = -2\frac{\partial n}{\partial x} = 0,$$

$$z = \frac{p}{\Pi} + \frac{\mathrm{V}^2}{2g} = \mathrm{C} \qquad \text{(relation de Bernoulli)},$$

où C est constant dans toute l'étendue du fluide.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les rapports du choc anaphylactique avec l'introduction de précipités dans la circulation.* Note de MM. **Auguste Lumière** et **Henri Couturier**, présentée par M. Roux.

Dans son Livre *De l'anaphylaxie à l'immunité* (1), Arthus dit *qu'il est possible de constater que la production de certains précipités dans le sang circulant n'a pas pour conséquence des accidents ayant le caractère des accidents séro-anaphylactiques.*

Il en donne pour preuve l'innocuité de l'injection intraveineuse d'une émulsion de cire blanche d'abeilles; cette émulsion précipitant cependant en présence du sérum sanguin.

De prime abord, ce fait paraît infirmer la théorie physique du choc à l'appui de laquelle nous avons apporté de nombreuses expériences (2). Mais si l'on examine de plus près les conditions de l'essai d'Arthus, on

---

(1) M. Arthus, *De l'anaphylaxie à l'immunité.* Masson, Paris, 1921.

(2) A. Lumière et H. Couturier, *Sur le choc provoqué par l'introduction de substances insolubles dans la circulation* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1172); *Sur la nature du choc anaphylactique* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 294).

constate que cet auteur a pratiqué uniquement des injections dans les veines. Or, nous avons démontré que nombre de substances insolubles ne déterminent aucun choc quand on les injecte dans le système veineux ou dans le cœur droit et provoquent au contraire, invariablement, des accidents anaphylactoïdes lorsqu'elles sont introduites dans le cœur gauche.

La ligature des carotides empêche complètement ces accidents de se produire et au contraire l'injection intracarotidienne conduit à des effets d'intensité maximum.

Toutes nos investigations tendent à prouver que le choc ne se produit que si les précipités ou les floculats arrivent brusquement au niveau des vaisseaux des centres nerveux; le passage de ces précipités dans la circulation pulmonaire ou dans le réseau capillaire périphérique peut les arrêter ou retarde leur action mécanique sur l'endothélium de ces vaisseaux, et c'est précisément ce qui se passe lorsqu'on injecte la suspension de cire d'Arthus dans la veine marginale de l'oreille du lapin. Les éléments cireux globulaires, relativement gros, qui se forment par le mélange de cette suspension avec le sérum, sont retenus dans les capillaires et ne peuvent plus exercer l'action centrale soudaine indispensable au déclenchement de la crise anaphylactoïde.

Pour confirmer ces vues, nous avons repris l'expérience d'Arthus, au moyen de l'émulsion de cire blanche préparée suivant la technique qu'il a indiquée, et nous avons injecté 1^{cm^3} de cette préparation dans le cœur droit de cobayes. Ceux-ci n'ont présenté aucun trouble de choc à la suite de ce traitement. Par contre, introduite dans le cœur gauche, la même dose d'émulsion cireuse provoque une crise caractéristique : au bout de 10 secondes environ, l'animal tombe sur le côté, il présente des convulsions, de la paralysie du train postérieur avec tout le cortège des symptômes du choc.

Suivant les doses, les accidents peuvent être légers, avec retour à l'état normal en quelques minutes, ou bien se terminer par la mort.

Après ligature des deux carotides, les injections intra-cardiaques demeurent sans effet.

Si l'on fait dissoudre $0^{gr},05$ d'hyposulfite de soude dans 1^{cm^3} de suspension de cire, le mélange devient inactif, bien que l'addition de ce sel ait une tendance prononcée à déterminer la réunion et la précipitation des éléments cireux dispersés.

L'administration dans le cœur gauche d'une dose non mortelle d'émulsion

de cire vaccine les animaux, pendant 24 heures environ, contre le choc barytique et même contre le choc anaphylactique vrai, chez les cobayes sensibilisés.

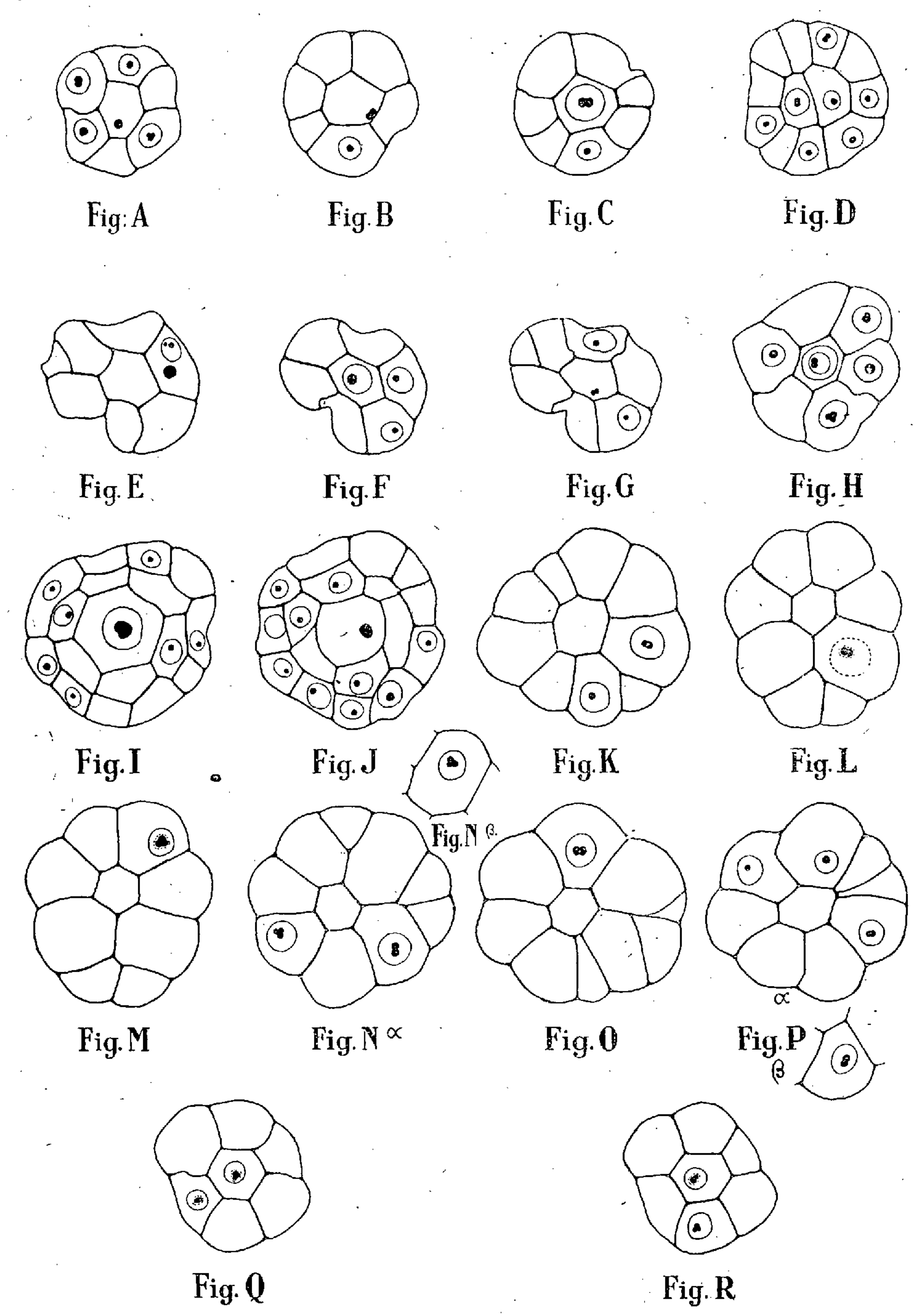
Inversement, des animaux ayant supporté une injection para-mortelle de sulfate de baryte deviennent insensibles pendant 24 heures à l'injection intra-cardiarque du liquide d'Arthus.

L'émulsion cireuse se comporte donc de la même manière que les autres précipités. Les différences d'effet que l'on peut constater parfois d'une substance insoluble à l'autre, ne proviennent que de la forme et de la dimension des éléments figurés insolubles et de la voie par laquelle ils sont introduits dans l'organisme. L'expérience d'Arthus, complétée par les essais que nous avons réalisés, loin d'infirmer les conceptions que nous avons formulées antérieurement, confirment au contraire nos considérations précédentes et constitue un argument de plus en faveur de la théorie physique du choc.

CYTOLOGIE. — *Observations sur les masses chromatiques des noyaux et du cytoplasme des cellules du canal et de la paroi du col de l'archégone chez* Mnium undulatum *Weis*. Note (¹) de M. **Jacques Pottier**, présentée par M. L. Mangin.

Dans une précédente Note, j'ai décrit les masses chromatiques que je considère comme émises par le noyau de l'oosphère chez les *Mnium undulatum* Weis et *punctatum* Hedwig, comparables à celles trouvées par Holferty (¹) chez *Mnium cuspidatum*. Dans cette même fleur de *Mnium undulatum*, récoltée le 2 juillet 1917 au Jardin botanique de Berne en Suisse et fixée au liquide de Flemming, qui m'a servi de matériel pour le travail dont je viens de parler, j'ai trouvé également des masses chromatiques émises par les cellules du canal du col de l'archégone. C'est ainsi que, dans un archégone n'ayant guère que $\frac{1}{3}$ de millimètre de longueur, je vis le noyau de l'oosphère pourvu d'une masse chromatique nettement étranglée (*fig.* C) mesurant $3^{\mu},3$ de long et moitié moins large. Il n'y avait encore que trois noyaux de canal. Les deux plus inférieurs avaient dû émettre des masses chromatiques (*fig.* B et A) dont la plus proche de l'oosphère (*fig.* B) est déjà en division. La masse chromatique de B a $2^{\mu},5$ de long et une largeur moitié moindre; celle de la figure A est sphérique (diamètre $1^{\mu},6$). Cet

(¹) Séance du 29 août 1921.



Coupes transversales d'archégones de *Mnium undulatum* Weis (grossies 600 fois).

archégone m'a offert de plus la particularité remarquable de présenter un prolongement du canal sous l'oosphère. Holferty (¹) avait déjà observé que l'oosphère n'était pas toujours la plus inférieure des cellules de canal. La figure D qui représente une coupe pratiquée une trentaine de micra sous l'oosphère montre au centre deux cellules appartenant à ce prolongement du canal. Dans la cellule de gauche la masse chromatique est nettement étranglée au milieu. Tous les noyaux des cellules de canal seraient donc capables, comme celui de l'oosphère, de fractionner leur noyau. Il n'est pas étonnant d'ailleurs de trouver une même particularité dans des cellules d'origine commune et qui doivent avoir toute la valeur morphologique de gamètes femelles, mais dont un seul subsiste en général.

Mais, ce qui est plus extraordinaire, c'est de rencontrer des masses chromatiques dans les cellules de la paroi du col (voir *fig.* E). Il se peut évidemment que cette masse soit due à une dégénérescence ou plutôt ait été entraînée hors du canal par le rasoir du microtome. Je signale que le noyau voisin a sa masse chromatique fragmentée en deux parties. Les figures F et G sont deux mises au point plus élevées de la coupe figurée en E. La figure L montre une masse chromatique bilobée entourée d'une zone hyaline et plongée dans un plasma très dense (limites de la zone hyaline et du plasma en pointillé). Je n'ai pu distinguer de membrane nucléaire. Ce cas confirmerait, si j'ai bien observé, celui de la figure E et montrerait l'existence de masses chromatiques émises dans le cytoplasme des cellules périphériques du col. Les figures H, I, J qui sont des coupes d'un même archégone, montrent en I l'oosphère dont la masse chromatique semble être prête à se fragmenter. En J on voit une masse, sans doute émise par l'oosphère, et tombée au fond de la cavité ventrale. Dans la figure H un noyau de cellule de canal divise sa masse chromatique et, plus en bas de la figure, une cellule périphérique présente un noyau dont la masse chromatique est trilobée. Un coup d'œil jeté sur les figures K à R, représentant des coupes extraites de divers archégones, montre de ces noyaux de cellules périphériques (*fig.* K, M, N, O, P) ou du canal (*fig.* Q et R) du col dont les masses chromatiques paraissent être prêtes à se diviser en deux ou trois parties.

Les noyaux des cellules périphériques du col de l'archégone ont donc des masses chromatiques bi- ou trilobées, mais dont la division complète

---

(¹) G.-M. HOLFERTY, *The archegonium of Mnium cuspidatum* (*Botanical Gazette*, t. 37, february 1904 p. 106-126, avec planches 5 et 6).

ne doit s'effectuer que rarement. L'émission de ces masses dans le cytoplasme est douteuse [1].

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une réaction colorée commune aux extraits antiscorbutique et à l'hydroquinone.* Note de M. N. **Bezssonoff**, présentée par M. Roux.

Des tentatives ont été faites pour employer les réactifs Folin-Maccallum (Eddy, 1916) et Folin-Denis (Villaman, 1920) à la détermination de la vitamine B active contre le béri-béri. Les résultats obtenus par Eddy ne le satisfaisant pas, il abandonna cette méthode. Le travail de Villaman, exécuté sur un champignon, ne permet de tirer aucune conclusion.

J'ai pensé à employer le réactif phénol (Folin-Denis, 1912 et 1915) pour caractériser la vitamine C, principe antiscorbutique. Pour cela, des modifications s'imposaient dans son mode d'emploi et dans la composition même du réactif, car le réactif phénol Folin, employé comme le prescrit Folin, en milieu nettement alcalin, donne une coloration bleue avec de nombreux végétaux contenant ou ne contenant pas la vitamine C. Le réactif phénol Folin s'obtient en faisant bouillir pendant 2 heures le mélange formé de 100^g de tungstate de soude, 20^g d'acide phospholybdique, 50^{cm^3} d'acide phosphorique concentré par litre d'eau. Ce réactif, employé en présence d'un excès de carbonate de soude, donne une coloration bleue avec les mono, di et triphénols et leurs dérivés. Il a l'inconvénient de donner, en outre, une coloration bleue avec un grand nombre de substances organiques variées (Gortner et Holm, 1920; Lévine, 1920). J'ai modifié la composition du réactif phénol Folin en réduisant au tiers la quantité d'acide phosphorique concentré entrant dans le mélange. Et, sans faire bouillir, j'ai ajouté à ce mélange son volume d'acide sulfurique normal [2]. Ainsi obtenu, ce réactif donne une coloration gris d'ardoise virant au bleu avec différents jus connus pour leur pouvoir antiscorbutique [les jus d'orange, de citron (coloration particulièrement intense), de tomate, de raisin, de choux]. Par contre, les extraits de graines (avoine, navet)

---

(1) J'ai indiqué quelquefois dans mes figures par un pointillé la limite de la zone claire entourant presque toujours les masses chromatiques. La limite du plasma contracté autour de l'oosphère est marquée en trait plein si elle est nette et en pointillé dans le cas contraire.

(2) L'acide sulfurique peut être remplacé par l'acide chlorhydrique ou *azotique*.

dépourvus de pouvoir antiscorbutique ne donnent pas de coloration. D'autre part, la prune, qui représente une anomalie parmi les végétaux frais, par son absence de pouvoir antiscorbutique (Hess et Unger, 1918), ne donne aucune coloration bleue, mais une coloration jaune brun persistante après 3 heures. La pêche, appartenant au même genre que la prune, donne la coloration bleue; ce qui permettrait de supposer que ce fruit, sur la valeur antiscorbutique duquel je n'ai aucun renseignement, en posséderait une. De plus, j'ai observé que les causes qui diminuent le pouvoir antiscorbutique d'un jus affaiblissent la réaction. Opérant sur le jus de choux (5 gouttes de réactif pour 1^{cm^3} de jus), on établit la comparaison suivante : avec le jus frais, coloration très nette, grise d'abord puis bleue; avec le jus conservé 5 heures, à température de 20° environ, coloration nette mais plus faible; avec le jus conservé 4 heures et bouilli dans un appareil muni d'un réfrigérant à reflux pendant 1 heure, une coloration à peine visible.

Au cours d'expériences sur la substance antiscorbutique de la pomme de terre ([1]), il a pu être observé que le jus extrait en présence d'acide donne une coloration bleue nette, celui extrait sans acide (faible action antiscorbutique) ne donne aucune coloration ou une coloration très faible, et enfin que le jus extrait sans acide, mais additionné d'acide aussitôt après son extraction, ne donne également aucune coloration. Donc le seul fait d'extraire le jus de pomme de terre en présence d'acide fait apparaître simultanément et le pouvoir antiscorbutique et la réaction bleue. De plus, il est intéressant de noter que le lait, connu comme possédant une action antiscorbutique faible, ne permet de distinguer aucune réaction. Néanmoins, si l'on opère sur le lait de vache qui vient d'être trait (refroidi à 18°), on remarque une coloration bleue dès qu'on verse le réactif, coloration adsorbée par le coagulum formé.

L'urine d'un homme dont le régime est suffisamment riche en principe antiscorbutique donne la réaction positive.

Il est possible de supposer que la réaction n'est pas due à la substance antiscorbutique, ou tout au moins pas à cette substance seule, mais à un radical instable, probablement un polyphénol qui, dans les solutions, se détacherait facilement de la vitamine C. En ce qui concerne les réactions obtenues sur les phénols, elles diffèrent essentiellement de celles du réactif phénol Folin. Ainsi le monophénol, l'acide salicylique, la tyrosine, ne donnent aucune réaction. Le tanin et le gaïacol une coloration brun jaune.

([1]) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 417.

Parmi tous les composés phénolés étudiés, seul, un diphénol, l'hydroquinone, donne exactement la réaction bleue de Folin, qui est également celle des jus contenant la vitamine C. La pyrocatéchine donne une coloration rouge violet virant au bleu; de même la catéchine. La résorcine ne donne rien, le pyrogallol donne une coloration jaune brun passant au rouge, la phloroglucine rien. Il est intéressant de noter que l'orcine ne donne rien et l'acide protocatéchique une coloration jaune brun. Enfin, on essaya d'établir si, dans ce réactif, le complexe phospho-molybdo-tungstique produisant les colorations, diffère de celui du réactif phénol Folin.

Wu [1], en faisant bouillir pendant 8 heures 700^{cm^3} du réactif Folin avec 100^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré, isole le corps donnant, en milieu alcalin, les réactions colorées du réactif phénol Folin. Ce complexe est constitué par un mélange de deux acides :

$$(13WO^3)(5MoO^3)(P^2O^5H^2O)10H^2O$$

et

$$(14WO^3)(4MoO^3)(P^2O^5H^2O)10H^2O.$$

Évaporant au bain-marie à 40° environ le réactif objet de cette étude, on obtient des cristaux monocliniques solubles dans l'eau, l'alcool, décomposés par l'éther. Ces cristaux, en solution acide, donnent les différentes colorations obtenues avec le réactif lui-même. L'analyse de ces cristaux recristallisés donne 83,6 pour 100 WO^3; 3,0 pour 100 MoO^3; 2,9 pour 100 P^2O^5. La formule correspondante est

$$(17WO^3)(MoO^3)(P^2O^5H^2O)21H^2O$$

(l'eau étant obtenue par différence). Ce complexe appartient au type des acides phospho-molybdo-tungstiques isolés par Wu, caractérisés par le rapport

$$\frac{WO^3 + MoO^3}{P^2O^5} = 18.$$

La différence réside dans la proportion réduite de MoO^3 par rapport au WO^3.

La séance est levée à 15 heures et demie.

A. Lx.

---

(1) *J. Biol. Chem.*, vol. 43, 1920, p. 89.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 SEPTEMBRE 1921.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** communique le télégramme suivant, reçu de S. A. S. le Prince de Monaco, en réponse à celui qui lui avait été adressé au nom de l'Académie :

Font-Romeu, 8 septembre.

Mes pensées ont souvent visité l'Académie depuis huit jours. Vous savez mieux que personne quels sont mes sentiments pour elle. J'ai fait tout ce que j'ai pu pour qu'elle garde un bon souvenir de moi. Je vous remercie des bonnes paroles que vous m'avez adressées en ce moment en son nom.

Prince de Monaco.

M. **Lindet**, qui a représenté l'Académie à la commémoration de la *Victoire de la Marne*, à Meaux, rend compte de la mission qui lui a été confiée.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Sweden, historical and statistical Handbook,* by order of the Swedish Government edited by J. Guinchard.

2° *Contribution à l'étude de la Flore du Katanga*, par E. de Wildemann. (Présenté par le prince Bonaparte.)

MÉCANIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Entraînement du pendule conique par un écran.* Note [1] de M. **R. Serville**, transmise par M. Paul Sabatier.

A. *Description.* — J'utilise le pendule conique entretenu décrit dans une précédente Note [2]. A l'extrémité du bras du manège, je fixe un disque en carton de même diamètre que la sphère du pendule, à une hauteur telle que, pour une certaine valeur de θ, l'écran soit exactement devant la sphère. Avec la main je lance le pendule sur un parallèle d'assez grand diamètre pour qu'il passe au delà de l'écran encore au repos. En disposant du poids q, je donne à l'écran une vitesse angulaire légèrement inférieure à celle du pendule : dans ces conditions il rattrape l'écran, traverse son méridien, le dépasse sans troubler sa marche. Le mouvement du pendule s'amortissant, il se rapproche de l'axe du manège et la distance qui le sépare du bord de l'écran au moment où il traverse son méridien diminue. Quand elle devient inférieure à 2^{cm}, l'écran ne se laisse plus dépasser, à l'approche du pendule il accélère sa marche et désormais le précède. Au bout de quelques instants, le pendule, cessant de se rapprocher de l'axe, prend une position d'équilibre stable définie par sa distance r à l'axe et par l'angle α des rayons passant par sa pointe et par l'écran. D'où les deux problèmes techniques suivants : mesure de r et de α.

B. *Mesure de r.* — Sur la trajectoire de la pointe du pendule, je place un léger levier dont le bras vertical porte une bande horizontale de papier. La pointe encrée du pendule heurte cette bande, y marque une trace et renverse le levier. Après arrêt du pendule, je le relève et je mesure r avec une règle.

C. *Mesure de la distance angulaire α de deux corps qui tournent.* — Sur l'axe du manège, je fixe un miroir dont la normale est dans le plan du disque. A travers une lentille et par réflexion sur ce miroir, une fente lumineuse donne son image sur un cylindre vertical auquel est tangente une règle graduée horizontale, le long de la génératrice que coupe le rayon incident. Sur cette règle, l'observateur déplace un écran, percé d'une fente, derrière laquelle il place son œil. Au moment où le rayon réfléchi vient le frapper, l'œil, qui accommode sur le miroir, le voit brillant, traversé d'une raie sombre si la pointe du pendule se trouve à cet instant dans le faisceau

[1] Séance du 5 septembre 1921.

[2] R. Serville, *Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 404.

réfléchi. Celui-ci rencontre nécessairement la pointe, parce qu'il tourne deux fois plus vite qu'elle. L'observateur déplace l'écran sur la règle jusqu'à ce que la raie sombre bissecte le miroir. La lecture de la graduation donne $\tang 2\alpha$.

D. *Résultats.* — *a. Composante tangentielle* Rt *de la résistance, courbe* R$t = 0$. — Quand le pendule est en équilibre derrière l'écran, la résultante de toutes les actions de l'air sur la boule du pendule a une composante tangentielle Rt nulle (en négligeant l'action de l'air sur le fil de suspension). La composante radiale Rr n'est pas nécessairement nulle. Le pendule étant en équilibre pour une charge q, j'ajoute une surcharge q_1 : l'angle α croît brusquement (l'écran s'éloigne du pendule) sans que r varie. Peu à peu r et α décroissent, la pointe décrit lentement une courbe à charge constante $(q + q_1)$ et vient se fixer dans une nouvelle position d'équilibre stable. De ce que la vitesse angulaire ω diminue avec r, résulte que le pendule traverse une région où Rt est opposée au mouvement. La décroissance simultanée de r et de ω ne peut s'expliquer uniquement par une diminution de Rr. En effet, si R$t = 0$, les forces qui agissent sur le pendule sont dans un méridien; d'après la loi des aires, si r décroît, ω croît, ce qui est contraire à l'expérience; comme ω décroît, Rt est opposée au mouvement. La pointe étant en équilibre, j'enlève q_1. α décroît brusquement, puis r et α croissent, la pointe décrit une autre courbe à charge constante (q) et vient se placer dans la première position d'équilibre. ω augmentant avec r, le pendule traverse une région où Rt est dans le sens du mouvement. L'ensemble de ces positions d'équilibre constitue la courbe R$t = 0$. Elle divise le plan en deux régions : dans la première, entre l'écran et la courbe, Rt est dans le sens du mouvement, dans la deuxième opposée au mouvement. Si l'on rétablit la fourchette, le pendule, en équilibre dans la première région, frotte contre le bord antérieur : c'est lui qui pousse la fourchette.

b. Courbes d'égale charge. — Dans l'expérience précédente, j'ai décrit deux tronçons des courbes d'égale charge $q + q_1$ et q. Le long de chaque courbe le couple résistant dû aux frottements du manège et à la résistance de l'air sur l'écran est constant. Le pendule ne quitte pas ces courbes parce que le couple résistant dépend de sa position derrière l'écran et croît avec α. Si pour une charge q, le pendule se trouve au delà de la courbe q, le couple résistant est plus grand que le couple moteur, la vitesse de l'écran diminue, α décroît. C'est l'inverse si le pendule se trouve en deçà de la courbe q. La masse du manège et de l'écran étant faible devant les forces en jeu, l'équilibre par rapport à α est vite atteint. La masse du pendule étant consi-

dérable, les variations de r sont lentes, ce qui explique la faible vitesse avec laquelle le pendule se déplace sur la courbe d'égale charge pour venir se fixer sur la courbe $Rt = 0$. Il est stable sur cette courbe, parce qu'il décrit les courbes d'égale charge dans le sens qui converge vers elle.

c. Déformation de la courbe $Rt = 0$ *quand on écarte l'écran de l'axe de rotation.* — La forme de la courbe $Rt = 0$ passe d'un arc de cercle à une ellipse aplatie, dont le grand axe est dans le sens du mouvement. Comme première approximation, la distance maximum du pendule à l'écran croît linéairement en fonction de la vitesse de l'écran.

d. Composante radiale Rr *de la résistance.* — Je détermine Rr par le trouble qu'elle apporte à la période du pendule, ainsi qu'il est dit dans une précédente Note. Sur la courbe $Rt = 0$, la composante Rr est surtout notable quand le pendule est près de l'écran. Pour mieux étudier Rr à son voisinage, j'introduis la pointe du pendule dans une fourchette, de sorte qu'il est contraint de défiler parallèlement à l'écran à 3^{mm} de lui. L'expérience prouve que lorsque la boule s'écarte de l'écran, Rr tend à la ramener derrière lui : dans la direction normale au mouvement, l'entraîné est stable derrière son entraîneur.

PHYSIQUE. — *Spectre d'induction du rubidium.*

Note de M. **Louis Dunoyer.**

I. J'ai indiqué dans une Note récente ([1]) qu'un champ électromagnétique de haute fréquence, provoquant la luminescence de vapeurs de césium ou de rubidium, faisait apparaître un spectre beaucoup plus riche en raies que tous les autres procédés employés jusqu'à présent. La Note actuelle est consacrée à une description sommaire du spectre du rubidium.

II. Comme pour le césium, le métal était introduit, par distillation dans un excellent vide, à l'intérieur d'un tube de quartz. Dès la température ordinaire ce tube s'illumine sous l'effet d'un champ alternatif de haute fréquence. A 100° l'éclat du tube est intense et la luminescence est bleu violet. Comme pour le césium, un changement brusque se produit dans cette coloration quand on élève la température. A 200° elle est lilas. J'ai constaté également que ces changements de coloration sont liés à la longueur de l'étincelle (soufflée) intercalée entre les bornes de la bobine qui alimente le

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 350.

circuit de Tesla. En outre, elles ne se produisent pas uniformément dans tout le tube. On reviendra ailleurs sur ces phénomènes. Les données numériques qui suivent se rapportent à la température de 120° et à la luminescence uniforme bleu violet.

III. Avec une pose de 20 minutes et un tube d'une vingtaine de centimètres de longueur, j'ai obtenu au spectrographe Féry un spectre contenant 332 raies entre 2294 unités Angström et 5525. Les spectres d'arc et de flamme avaient fourni jusqu'à présent une trentaine de raies, et le spectre d'étincelle une soixantaine d'autres. Presque toutes les raies d'étincelle mesurées par Exner et Haschek ou par Lockyer se retrouvent, à moins d'un angström près, parmi les plus intenses de mes clichés. Elles sont marquées d'un astérisque dans le Tableau ci-dessous, qui renferme les principales des raies que j'ai mesurées :

Longueurs d'onde.	Intensité.	Longueurs d'onde.	Intensité.	Longueurs d'onde.	Intensité.	Longueurs d'onde.	Intensité.	Longueurs d'onde.	Intensité.
2294,0	1	2713,9	2	3038,6	2	3305,2	2	3511,3	3
2301,8	1	2716,4	1	3040,5	2	3307,6	2	3514,4	4
2305,6	2	2733,6	1	3050,8	1	3312,0	1	3521,5*	15
2313,4	1	2761,3	1	3069,7	1	3322,3*	8	3531,9*	10
2333,5	1	2773,9	1	3070,6	2	3324,1	1	3541,4	8
2337,2	1	2783,8	2	3087,1	4	3327,9	1	3545,9	5
2345,5	1	2798,9	4	3098,8	1	3330,9	4	3559,6	4
2364,3*	2	2800,3	2	3111,7	5	3332,4	4	3561,3	3
2365,1	1	2807,7	6	3115,0	2	3334,2	4	3576,8	6
2379,6	2	2812,0	2	3119,0	2	3336,9	1	3578,1	1
2381,4	1	2827,0	1	3135,1	1	3341,4*	10	3582,7	2
2385,6	1	2838,6	1	3149,3	5	3345,4	3	3588,8	6
2418,6	2	2845,4	3	3161,2	2	3347,7	5	3600,4*	30
2472,0*	4	2869,8	2	3169,5	2	3354,3	3	3604,6	2
2484,4	2	2873,1	2	3199,4*	8	3361,8	1	3636,7	6
2495,9*	4	2876,6	1	3200,6	1	3375,3	2	3639,7*	10
2524,0	1	2903,7	3	3222,6	2	3393,2*	8	3646,3	8
2561,8*	6	2904,2	1	3223,4*	10	3415,6	6	3647,7	2
2573,6	1	2949,7	2	3231,3	4	3420,9	1	3662,6	20
2586,8	2	2951,2	1	3235,5	2	3433,8	12	3663,8*	10
2631,8*	8	2956,3*	15	3254,2	1	3438,6	8	3664,2*	10
2637,1	4	2967,7	2	3262,5	6	3461,4	10	3666,7	6
2657,1	2	2968,4	1	3265,0	3	3474,3	1	3675,8	6
2684,1	2	2971,1	2	3271,0*	10	3476,6	2	3699,8*	15
2688,1	1	2987,4	2	3281,7	4	3480,5	1	3729,5	8
2694,0	1	3022,5	8	3286,8*	8	3491,4	6	3746,5	6
2711,8	3	3023,6	1	3302,6	1	3492,8*	6	3765,5	3

Longueurs d'onde.	Intensité.	Longueurs d'onde.	Intensité.	Longueurs d'onde.	Intensité.	Longueurs d'onde.	Intensité.	Longueurs d'onde.	Intensité.
3781,1	3	3968,6	2	4197,6	1	4380,7	10	4648,4*	20
3797,3*	40	3978,0*	20	4201,1*	2	4401,4	15	4657,9	4
3802,1*	30	3992,0	1	4214,4	1	4426,1	15	4727,2	2
3809,6	2	4006,2	1	4226,1	4	4430,7	10	4731,3	4
3827,2*	20	4011,9	8	4237,2	4	4440,2	5	4736,6	6
3838,0	1	4026,9	12	4242,6*	50	4469,7	8	4755,1	4
3851,2*	10	4031,3	1	4247,7	4	4482,1	2	4757,8	1
3861,2*	2	4041,4	2	4266,4	10	4494,1	2	4764,7	1
3869,1	2	4047,4	2	4273,0*	50	4519,4	4	4776,3	40
3873,2	1	4071,9	6	4277,3	4	4530,5*	20	4783,2	8
3876,0	1	4076,6	1	4282,8	4	4534,1	3	4806,0	8
3892,3	2	4080,0	1	4288,2*	40	4540,7	5	4842,2	2
3907,3	2	4084,3*	20	4294,3*	50	4545,2	2	4879,9	4
3914,7*	1	4105,2*	30	4298,9	3	4566,8	2	4886,0	5
3922,4	8	4109,8	1	4306,6	4	4572,3*	40	5154,3	4
3926,4*	12	4132,4*	1	4331,5	10	4577,9	1	5524,7	1
3928,7	6	4136,4*	20	4348,3	40	4579,7	1		
3936,1	1	4179,0	1	4352,5	4	4590,3	4		
3941,1*	40	4188,3	1	4371,8	10	4609,5	8		
3944,7	1	4193,2*	20	4377,9*	40	4622,6*	10		

Dans ce Tableau les seules raies appartenant à une série actuellement connue sont les deux raies 4201,0 et 4214,4, qui constituent le doublet n° 2 de la série principale. Toutes les autres raies d'arc ou de flamme sont absentes. Encore ont-elles une intensité faible et disparaissent-elles totalement dès que la pression de la vapeur augmente. Comme on le voit aussi, la plupart des raies intenses appartiennent au spectre d'étincelle mesuré par Exner et Haschek, non toutes cependant. Réciproquement quelques-unes des raies du spectre d'étincelle semblent manquer dans le spectre d'induction : ce sont 3353,5; 3833,9; 3843,8; 3846,3; 4029,6.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'inversion du pouvoir rotatoire des dérivés tartriques.* Note de M. R. de Mallemann, présentée par M. Haller.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons indiqué la propriété que possède l'acide tartrique *droit* de donner, en présence de certains sels, en particulier $CaCl^2$, des solutions fortement gauches et fait remarquer que le

([1]) *Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 69.

caractère de cette variation semblait s'expliquer par la présence, dans la solution, de deux corps différents à pouvoirs rotatoires inverses.

I. Pour préciser cette interprétation, nous avons recherché la dépendance possible de l'effet observé et de la fonction chimique du corps actif dissous, en étudiant sous le même rapport certains dérivés de l'acide tartrique :

1° *Tartrates métalliques.* — Les tartrates neutres et acides solubles ont un pouvoir rotatoire qui varie relativement peu avec la concentration et la température.

Les courbes de concentration de l'acide tartrique par NaOH (ordonnées = rotations, abscisses = nombres de molécules de base) se présentent sous forme de lignes brisées, formées très sensiblement de segments de droite, ce qui est conforme à la loi de Biot, basée sur la constance du pouvoir rotatoire.

Cette ligne, tracée entre $x = 0$ et $x = 5$ NaOH, n'a que deux points anguleux qui correspondent exactement au sel acide et au sel neutre : le pouvoir rotatoire permet donc de caractériser directement les deux fonctions acides de l'acide tartrique.

Il est, d'autre part, impossible d'observer l'effet des sels alcalino-terreux sur les tartrates *neutres* alcalins, vu la double décomposition immédiate et la précipitation d'un tartrate insoluble (¹).

a. Le tartrate acide de Na, $C^4O^6H^5Na + H^2O$, au contraire, se dissout dans une solution concentrée de $CaCl^2$ et même dans $CaCl^2 + 6H^2O$, surfondu, en donnant une liqueur parfaitement claire, facile à observer.

Ce sel est également soluble dans les solutions saturées de NaCl, mais nettement moins que dans l'eau pure.

Nous donnons ci-dessous les pouvoirs rotatoires pour deux solutions :

Nature.	Constitution du sel.	Constitution du tartrate.	Densité.	t.	$[\alpha]_{578}$.	$[\alpha]_{436}$.
	pour 100	pour 100		°	°	°
$CaCl^2$...	55,5	5,16	1,417	22	−20,7	−45,1
NaCl....	28,0	3,05	1,193	24	+13,1	+16,4

Les solutions aqueuses *pures* ont un pouvoir rotatoire quasi indépendant de la concentration et de la température :

$$[\alpha]_{578} = +22°,5, \quad [\alpha]_{436} = +37°,5.$$

(¹) Des expériences anciennes de Long (*J. Am. Soc.*, 1888) ont d'ailleurs montré que la variation de $[\alpha]$ due à l'addition de sels alcalins à des solutions de tartrates neutres alcalins était *extrêmement* faible.

Il en résulte que la présence de certains sels dissous abaisse le [α] du tartrate acide de Na comme celui de l'acide tartrique, mais dans une moindre mesure. Avec $CaCl^2$, il y a encore une forte inversion.

b. Le tartrate neutre de Ca, $C^4O^6H^4Ca + 4H^2O$ est extrêmement peu soluble dans l'eau : on ne connaît donc pas son pouvoir rotatoire.

Nous avons remarqué que les solutions concentrées de $CaCl^2$ le dissolvaient notablement : le sel se précipite quand on ajoute de l'eau à la dissolution [1].

Le sel préparé à partir de l'acide *droit* donne des solutions nettement *gauches* pour toutes les couleurs; mais, *contrairement* aux mélanges $CaCl^2$ + acide tartrique, les [α] sont relativement faibles : $[\alpha]_{578} = -3°,8$ pour une solution à 5,2 pour 100 de tartrate contenant 52,2 pour 100 de $CaCl^2$.

Une solution à 8 pour 100 de tartrate dans $CaCl^2 + 6H^2O$ surfondu donne des [α] gauches encore plus *faibles*.

2° *Tartrate neutre d'éthyle* (droit) $C^2H^5CO^2CHOH—CHOH—CO^2C^2H^5$. — On sait que ce corps, liquide à la température ordinaire, présente la solution *aqueuse* des variations analogues à celles de l'acide tartrique, mais on doit écarter l'idée d'une saponification, car les [α] sont notablement plus grands.

Parmi les mélanges que nous avons observés nous donnerons à titre de comparaison les cinq exemples suivants :

	Nature du mélange.	Constitution du tartrate d'éthyle.	Densité.	t.	$[\alpha]_{578}$.	$[\alpha]_{436}$.
Tartrate d'éthyle	pur	100	1,200	21°	+ 7°,9	+ 2°,6
	+ eau	2,29	-	»	+28,5	+41,8
	+ alcool à 96°	21,7	0,881	»	+ 9,4	+ 7,4
	+ eau + $CaCl^2$ 32 pour 100	32,9	1,301	»	−12,1	−35,9
	+ alcool + $CaCl^2$ 30 pour 100	27,5	1,076	»	−31,3	−73,4

On voit que cet éther saturé présente, comme l'acide dont il dérive, une forte inversion du pouvoir rotatoire en présence de $CaCl^2$.

---

(1) Dans certaines conditions il se forme un précipité qui paraît être une combinaison instable traité par H^2O, ce précipité commence par se dissoudre puis, *aussitôt*, la liqueur se trouble et le tartrate de Ca se dispose.

Nous avons observé, comme dans le cas de l'acide tartrique, une variation continue de [α], fonction des concentrations en éther et en sel; les courbes de dépression présentent d'ailleurs une analogie frappante avec le réseau similaire de l'acide.

II. Nous avons vérifié que l'acide tartrique *gauche* donnait des phénomènes exactement symétriques (rotations droites).

Il en résulte ce fait curieux qu'on peut obtenir des solutions *gauches* en mélangeant des solutions ayant l'une et l'autre des pouvoirs rotatoires droits notables (ou inversement).

En particulier, deux solutions droites de même concentration en acide donnent, par mélange, une solution inactive pour toutes les couleurs.

Cet effet d'abaissement et d'inversion du pouvoir rotatoire, avec courbes de dispersion groupées dans un ordre caractéristique, ne se présente pas avec tous les sels d'acides forts. Pour certains métaux, il n'y a plus abaissement mais *accroissement* [1] du pouvoir rotatoire et les courbes de dispersion sont alors anomales.

Nous signalerons en particulier l'action du chlorure de cuivre

$$CuCl^2 + 2H^2O.$$

Ce sel, très soluble dans les solutions des acides tartrique et malique, augmente notablement leur pouvoir rotatoire.

On trouve par exemple pour l'acide tartrique

$$[\alpha]_{546} = +40°,4 \quad (C_{acide} = 30,3; \; C'_{sel} = 37,6)$$

et pour l'acide malique

$$[\alpha]_{546} = +20°,1 \quad (C_{acide} = 28,1; \; C'_{sel} = 36,4).$$

Le pouvoir rotatoire $[\alpha]_{546}$ varie très peu avec la concentration : en solution étendue, il diffère également très peu pour les quatre raies du mercure.

La dispersion paraît donc anomale et les solutions parfaitement claires mais d'un bleu vert allant au vert foncé intense, présentent vraisemblablement, comme les autres solutions colorées de corps actifs, le dichroïsme circulaire.

---

(1) Cet effet doit être rapproché de l'action bien connue des acides et sels d'acides faibles du genre borique, molybdique, etc.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'absorption de la gravitation.* Note de M. Q. Majorana.

Il y a deux ans j'ai exposé une théorie avec laquelle j'avais prévu une absorption de la force de gravitation, lorsque celle-ci traverse de la matière pondérable. Un contrôle expérimental de cette hypothèse avait été réalisé par moi, en observant la diminution d'environ $\frac{1}{1000}$ de milligramme, sur une boule en plomb pesant $1^{kg},274$, lorsqu'elle est environnée symétriquement par 104^{kg} de mercure. De là j'avais déduit que le coefficient d'absorption de la gravitation par unité de longueur et unité de densité devait être de $h = 6,7.10^{-12}$.

Tout récemment, je viens de répéter ladite expérience dans des conditions notablement différentes. La boule en plomb et la balance étaient les mêmes; la masse absorbante est constituée par 9603^{kg} de plomb, disposés en forme de cube de 95^{cm} de côté; le cube est décomposable en deux prismes rectangulaires de 95^{cm} de haut et $95^{cm^2} \times 47^{cm^2},5$ de base. Ces prismes sont mobiles, et l'on peut les réunir de sorte que, dans le centre du cube ainsi formé, reste prise la boule en plomb, qui, sans être touchée par le cube, est soutenue par un fil à la balance extérieure; ou bien lesdits prismes peuvent être écartés jusqu'à 3^{m} de distance de la boule.

On trouve, par cette nouvelle expérience, encore une diminution de poids de la boule d'environ $\frac{2}{1000}$ de milligramme, correspondant à un coefficient $h = 2,5.10^{-12}$. Je ne saurais dire pour le moment si la différence de ces deux résultats provient de quelque erreur dans la première détermination, ou d'un défaut de ma théorie qui serait valable seulement en première approximation; d'autres expériences pourront répondre à cette question.

Dans une autre série d'expériences, j'ai porté la boule en plomb immédiatement au-dessus du cube, en détermimant ainsi l'attraction newtonienne correspondante, égale à peu près à $\frac{2}{10}$ de milligramme. Et enfin j'ai placé la boule immédiatement au-dessous du cube; la nouvelle attraction, de direction contraire à la précédente, se trouve quelque peu plus grande en valeur absolue, et proprement d'environ $\frac{4}{1000}$ de milligramme. Il n'est pas possible de dire *a priori* laquelle des deux déterminations de force attractive suit rigoureusement la loi de Newton, car dans une détermination de ce genre il y a des erreurs systématiques inévitables et diffi-

cilement contrôlables, qui sont supérieures à la variation de $\frac{4}{1000}$ de milligramme observée. Il faut se contenter de faire la différence entre les deux forces attractives, et ainsi lesdites erreurs sont éliminées.

Cette différence est donc le double de la diminution de poids que l'on avait observée lorsque la boule était au centre du cube. L'explication la plus simple de ce résultat est que, dans la deuxième série d'expériences, l'absorption gravifique est double, et elle se manifeste lorsque la boule est au-dessus du cube.

Ce résultat, outre qu'il est d'accord avec le précédent, nous apprend qu'il faut exclure une cause du phénomène gravifique résidant dans l'espace extérieur à l'ensemble des deux corps en présence (hypothèse de Lesage); en effet, dans ce cas on aurait dû observer l'absorption même lorsque la boule est au-dessous du cube, c'est-à-dire entre le cube et la terre. Selon toute probabilité, la gravitation est donc due à un flux énergétique émis continuellement par toute matière pondérable.

GÉOLOGIE. — *Sur les pointements granitisés de la lisière des Pyrénées.* Note de M. **Stuart-Menteath.**

Deux de ces pointements étant décrits dans les *Comptes rendus* de novembre 1919, la faune saumâtre spécifiée par M. Douvillé à Laduch en mars dernier fournit des précisions pour l'interprétation des autres pointements.

Cette faune, répétée à Iraeta, à l'ouest de Saint-Sébastien, fait partie d'un horizon côtier qui m'a fourni le moyen de distinguer entre les bossellements de roches anciennes et le manteau transgressif qui les enveloppe.

Hasparren est situé sur les conglomérats de cet horizon, et à côté d'Astigarraga le lignite qui l'accompagne est entre le Lias de l'îlot ancien et le Flysch de sa couverture. Dans les deux cas les roches anciennes sont criblées de filons de granit et ophite qui sont reliés au granit de la Haya. Le métamorphisme produit par ces filons est si intense dans le massif de Hasparren que j'ai pu signaler, entre Itzassou et Ainhoa, une large auréole de macle-schiste aussi typique que celles du Dévonien et Silurien supérieurs des Hautes-Pyrénées. Des cailloux roulés de ces schistes se trouvent dans le conglomérat de Hasparren, ainsi que dans celui de Gotien (Mauléon), avec des blocs de Cénomanien fossilifère, et à bien des kilomètres de leur

source. Il s'agit toujours d'un horizon côtier qui, en travers de tous les plis récents, représente une ancienne surface, aussi inégale que celle de nos jours, mais pincée et faillée par la surrection post-éocène des Pyrénées. Même en travers de toute la chaîne les témoins de son existence sont pincés et fragmentés.

A l'ouest de Hasparren tous les horizons fossilifères, parfaitement représentés comme autour d'Astigarraga, sont *repliés* contre le gneiss; mais à l'est ils le recouvrent régulièrement et le Flysch à *fucoïdes* est transgressif, avec cailloux roulés de granit à sa base. Tout le massif est un promontoire direct et continu des roches du Baigoura au sud, lesquelles consistent en Culm, reposant sur les calcaires et quartzites du Dévonien moyen, qui recouvrent le Dévonien inférieur, le tout fossilifère. Le macle-schiste est produit surtout dans le Culm (de la carte de Bayonne). Vers Ossès, le Silurien paraît sortir de dessous le Dévonien, et le Jurassique et le Crétacé buttent contre les calcaires et quartzites par une fissure presque verticale et remplie d'ophite.

Le calcaire cipolin de Zouhossoa est nettement, à l'ouest d'Itzassou, l'affleurement du calcaire dévonien et griotte qui forme le fond des vallées au sud et plonge dessous les schistes maclifères du Culm. Le massif de Hasparren est donc très différent de celui entre Irun et Astigarraga, bien que ce dernier soit criblé de filons de granit entre Irun et Oyarzun, à 4^{km} du granite de la Haya. Mais, dessous le Crétacé qui entoure les deux, le granit persiste pour des kilomètres, ce qui est prouvé par des sondages et des pointements. L'horizon côtier avec conglomérats et lignite entoure le massif d'Hasparren à l'extérieur et enveloppe complètement le massif espagnol.

Sur les 150^{km} jusqu'à Saliès du Salat, on trouve une suite presque continue de filons granitiques alternant avec ceux d'ophite. Beaucoup de ces filons coupent en travers de schistes qu'on ne peut séparer de l'Albien, et ils se perdent dans les conglomérats de l'horizon côtier. De Capvern jusqu'à Lourdes et Bagnères, ces relations sont saillantes. En commun avec le cas de Hasparren, c'est l'injection des filons dans un terrain quelconque qui paraît le fait dominant. Le calcaire cipolin de Louhossoa varie depuis des bancs de 30^{m} d'épaisseur et pétris de cristaux parfaits de graphite, jusqu'à des lentilles de quelques centimètres complètement écrasées. Des filons de granulite et syénite, qui conservent leur forme verticale, ont pénétré en tout sens les schistes depuis le Culm jus-

qu'au soubassement du calcaire. Ils ont souvent des salbaudes de *glanzschiefer* nettement filonien. L'injection la plus importante forme la haute crête d'Ursonia, au sud de Hasparren, en refoulant au nord toutes les couches de ce côté et au sud les couches de l'autre versant. Des filons de granulite suivent, verticaux et dirigés ENE pendant des kilomètres, au sud de Mendionde et Macage. En général, les filons sont compacts en profondeur, avec cristaux parfaits de feldspath, tourmaline, etc., mais décomposés en kaolin et débris de quartz vers la surface. Le gneiss entre les filons paraît un produit métamorphique autant que le calcaire, ce dernier donnant même des amphibolites et actinolites

En comparant ce massif avec les terrains également kaolinisés du Cornouailles, j'ai pu constater l'identité minéralogique ainsi que l'intrusion post-carbonifère du granit, surtout par l'auréole du macle-schiste. Mais l'étain, que j'ai trouvé dans les cuivres gris de la région de Roncevaux, surgit du fond du Silurien et ne paraît pas sortir dans les roches relativement superficielles du Labourd. Comme dans le Cornouailles, les failles dirigées ENE seraient postérieures au granit du fond, et celles dirigées NNO seraient du Tertiaire. En tenant compte des autres pointements granitisés, il paraît probable que l'injection du granit a continué dans le Crétacé, dont il est difficile de séparer les cipolins entre Saint-Esteven et Bonlac.

L'horizon côtier forme la base du Flysch, et seul ressemble aux Mylonites des Carpathes, qui me l'ont fait classer comme Grès de Vienne. Il comprend un grès spécial qui passe à des conglomérats à blocs de Cénomanien, à des quartzites, à des calottes d'ophite, et à des lentilles de calcaire cénomanien. Les faunes intactes et variées qu'il m'a présentées, ainsi que des mélanges de fossiles de tout âge m'obligent à le reconnaître comme une croûte de débris d'une formation côtière dont le Flysch est la suite et le produit. Même le granit de Hasparren est postérieur au Carbonifère et rien n'empêche que son injection soit postérieure à l'Albien comme dans les autres pointements granitisés. Même dans ce cas, les premiers cailloux roulés de granit se présentent dans l'horizon côtier, et en général dans les Pyrénées on n'en trouve pas plus bas. Leur absence dans le Trias est remarquable, et l'on ne peut affirmer le contraire qu'en confondant le grès cénomanien avec le Trias.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la température sur l'utilisation du glucose dans le développement de l'*Aspergillus niger. Note de MM. **Émile-F. Terroine** et **René Wurmser**, présentée par M. Guignard.

Pour assurer le développement d'un microorganisme tel que l'*Aspergillus niger*, il faut non seulement lui fournir les combinaisons chimiques dont il tire les éléments de sa substance, mais encore les lui fournir en quantité suffisante pour satisfaire aux besoins énergétiques nécessités par les synthèses qu'il effectue. On peut par exemple faire développer l'*Aspergillus* sur le milieu suivant, dont la composition saline a été indiquée par Czapek :

	Pour 1000.
Glucose	300
Sulfate d'ammoniaque	5
Phosphate monopotassique	1
Chlorure de potassium	0,5
Sulfate de magnésium	0,5
Sulfate ferreux	0,01
Sulfate de zinc	0,01

Dans ce milieu le glucose fournit le carbone nécessaire à l'édification du microorganisme; mais il en disparaît du milieu plus qu'en exige la teneur en carbone du mycélium formé. Nous proposons d'appeler *rapport d'utilisation* le rapport du poids sec d'*Aspergillus* formé au poids sec de glucose disparu. Il n'est pas douteux que les variations de ce rapport suivant la composition chimique du milieu soient de nature à fournir des renseignements sur les processus de synthèse réalisés; car la consommation du glucose, si elle couvre aussi les besoins respiratoires, correspond surtout à ceux de la croissance. Le développement de l'*Aspergillus* est plus ou moins rapide selon la nature des substances qu'il utilise. Il faut donc rechercher d'abord si le rapport d'utilisation varie ou non, pour un même milieu, avec la vitesse du développement. C'est pourquoi nous avons effectué des cultures à diverses températures, dans le milieu précédemment défini, et pour une concentration en ions H correspondant à $p_H = 3,5$.

Les cultures, ensemencées dans des fioles d'Erlenmeyer contenant 50^{cm^3} ou 100^{cm^3} du liquide stérilisé à 110°, étaient laissées à l'étuve pendant un temps suffisant pour obtenir des récoltes comprises entre $0^g,1$ et 1^g de poids sec. Dans ces conditions le glucose n'était pas entièrement consommé, ce

qui évite les phénomènes d'autolyse. Le dosage du sucre, effectué par la méthode de Bertrand, avant et après le passage à l'étuve, donne par différence la quantité consommée. Le mycélium recueilli sur filtre est desséché à l'étuve à 80°, pendant 7 heures environ, et pesé.

Voici quelques résultats pris en exemple parmi 47 déterminations à 22°, 29°, 36° et 38°, qui fournissent pour le rapport d'utilisation la valeur moyenne de 0,43 :

22°.			29°.			38°.		
Poids sec.	Glucose consommé.	Rapport.	Poids sec.	Glucose consommé.	Rapport.	Poids sec.	Glucose consommé.	Rapport.
0,102	0,230	0,44	0,665	1,635	0,40	0,365	0,805	0,45
0,617	1,485	0,41	0,680	1,380	0,49	0,440	0,975	0,45
1,026	2,320	0,44	0,919	2,110	0,43	0,547	1,290	0,42

Le rapport d'utilisation ne varie donc pas avec la température quoique les vitesses à 22° et à 36° par exemple varient un peu plus que dans le rapport de 1 à 2.

Rubner, au moyen de déterminations calorimétriques, avait déjà montré, en 1906, sur des cultures de *Proteus vulgaris*, que ce que nous appelons le rapport d'utilisation est sensiblement le même à 36° et à 14°. Cette indépendance de la température est donc vraisemblablement générale. Il est intéressant de rappeler que dans d'autres modes d'utilisation de l'énergie chimique par les êtres vivants, dans la contraction musculaire où l'énergie utilisable peut être évaluée, on doit trouver, d'après Hill (1916), une indépendance analogue. L'énergie utilisable des réactions impliquées dans ces phénomènes ne varie donc pas sensiblement dans l'intervalle de température compatible avec la vie. En ce qui concerne au moins la combustion du glucose, on sait d'ailleurs que la chaleur de réaction ne diffère que très peu de l'énergie utilisable A : la variation $\frac{\partial A}{\partial T}$ est par conséquent très petite.

M. T-J.-J. See adresse des remarques sur *les taches du Soleil et leur périodicité*.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de juillet 1921 (*suite et fin*).

Studies on marine ostracods. Part I, par Tage Skogsberg. Uppsala, Almquist et Wicksells Boktrykeri, 1920; 1 vol. 32^{cm}.

Einstein's theories of relativity and gravitation, par Bird. New-York, scientific American publishing Company; 1 vol. 19^{cm}.

L'Astronomie et les Astronomes, par Auguste Collard. Bruxelles, Librairie nationale d'Art et d'Histoire, 1921; 1 fasc. 24^{cm},5.

Research and methods of analysis of iron and steel at Armco (American Rolling Mill Company). Middletown, Ohio, 1920; 1 vol. 23^{cm},5.

Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles. Office central de faunistique. *Faune de France : 2. Oiseaux*, par P. Paris. Paris, Paul Chevalier, 1921; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Bouvier.)

Théorie cinétique des gaz, par Eugène Bloch. Paris, Armand Colin, 1921; 1 vol. 17^{cm}. (Présenté par M. Villard.)

Œuvres complètes de Christiaan Huygens, publiées par la Société hollandaise des Sciences. Tome 13, fasc. 1 : *Dioptrique* (1653-1666); fasc. 2 : *Dioptrique* (1685-1692); Tome 14 : *Probabilités, travaux de mathématiques pures* (1655-1666). La Haye, Martinus Nijhoff, 1916 et 1920; 3 vol. 29^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 SEPTEMBRE 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

L'Académie des Sciences vient d'éprouver un nouveau deuil. M. **Alfred Grandidier** est décédé le 13 septembre 1921 sans que rien, même la veille, pût faire prévoir une fin aussi brusque. Les obsèques ont eu lieu dans la plus stricte intimité, en dehors de Paris. Mais nous devons un dernier hommage au savant éminent, à l'excellent confrère que nous venons de perdre.

M. Alfred Grandidier était né le 20 décembre 1836. Il avait fait ses études classiques dans sa famille et suivait les cours du Collège de France en se préparant à la licence ès sciences. Mais il avait déjà le goût des expéditions lointaines. Ses parents, qui avaient une grande fortune, lui firent faire, lorsqu'il n'avait guère plus de 20 ans, un voyage d'études autour du monde en compagnie de son frère, M. Ernest Grandidier, plus âgé que lui d'environ trois ans. Pour que ce voyage ne fût pas une simple distraction d'amateurs, les deux frères étaient associés à un compagnon, chargé d'une mission par le Ministre de l'Instruction publique, qui était à la fois leur mentor et leur professeur pour compléter leur éducation générale. Ce compagnon n'était autre que M. Janssen, qui avait alors un peu plus de 30 ans, et qui devint peu après l'une de nos illustrations scientifiques. Ceux qui ont connu M. Janssen, qui ont pu entendre sa parole si brillante, qui ont senti tout son enthousiasme pour la Science, devinent quels fruits put porter un pareil voyage. Malheureusement, ces projets ne purent être complètement réalisés, car M. Janssen, atteint de dyssenterie, se vit obligé, au bout de cinq mois, de rentrer en France.

Les deux frères durent continuer seuls leur voyage dans l'Amérique du Sud. Pendant les années 1858 et 1859, ils franchirent cinq fois les Cordillières et explorèrent, non sans de nombreux dangers, à la fois en géographes et en naturalistes, les régions minières du Pérou, du Chili, de la Bolivie, les sources de la Madre de Dios, les passages entre Santiago et Buenos-Ayres et diverses contrées du Brésil. Plusieurs collections importantes furent rapportées de ce voyage, dont la relation a été publiée, en 1860, par M. Ernest Grandidier. Ce premier voyage, malgré ses difficultés, n'était que comme un noviciat pour des explorations encore plus importantes.

Les deux frères se séparèrent : M. Ernest Grandidier devait s'occuper surtout de la Chine et faire profiter la France de ses études en fondant le musée qui, au palais du Louvre, porte son nom.

En 1863, M. Alfred Grandidier s'embarquait seul pour les Indes. Il visita d'abord l'île de Ceylan et en a publié une intéressante description. Mais son but était l'exploration des hauts plateaux du Thibet; il voulait se préparer à ce difficile voyage par l'étude du boudhisme, de sa langue et de ses mœurs; il résolut même pour cela de s'enfermer quelque temps dans un couvent boudhiste. Mais une terrible fièvre paludéenne vint bouleverser ses projets et lui fit sentir très longtemps ses atteintes. Pour se remettre dans un climat meilleur, il alla d'abord, en 1864, dans l'île de Zanzibar, et y resta assez longtemps pour y recueillir d'importantes collections et publier les résultats principaux de ses observations. Il se rendit ensuite dans l'île de la Réunion. C'est de là qu'il alla pour la première fois, en 1865, à Madagascar.

Madagascar devint dès lors l'objet à peu près unique de ses études. Il n'y avait été précédé que par un très petit nombre de voyageurs et par nos missionnaires : on sait que le R. P. Colin, Correspondant de l'Académie des Sciences, y dirige depuis longtemps l'Observatoire astronomique et météorologique de Tananarive qui est encouragé de toutes manières par Mgr de Saune, évêque de cette région, ancien élève de l'École Polytechnique.

M. Grandidier arrivé à Madagascar en 1865, y retourna en 1866, puis en 1868. Ce dernier voyage ne dura pas moins de trente mois. Il fut interrompu par la guerre de 1870 qui rappela notre confrère en France : il ne devait plus la quitter.

C'est à M. Grandidier que l'on doit la connaissance exacte de la grande

île qui est aujourd'hui un territoire français, d'une étendue plus grande que celle de la mère patrie. Il la traversa trois fois dans sa largeur et y fit de nombreuses excursions, malgré des difficultés et des dangers extraordinaires. Au milieu de climats très variés, depuis le Nord jusqu'au Sud, ses itinéraires atteignirent un développement de plus de 5500^{km} (3000 dans l'intérieur, 2500 sur la côte). Il y fit environ 1500 relevés géodésiques. On lui doit en particulier la détermination exacte de Tananarive. Ces nombreuses observations géodésiques aboutirent en 1871 à une Carte générale de l'île, base de toutes les explorations ultérieures. De nombreuses études de minéralogie et de zoologie y étaient jointes, car notre confrère s'intéressait à tout, même à la linguistique et à l'anthropologie. De très belles collections furent le résultat de ses importantes expéditions.

La Société de Géographie décerna, en 1872, à M. Grandidier sa grande médaille d'or.

Installé définitivement en France après la guerre de 1870 et marié à M[lle] Vergé, dont ceux qui ont eu l'honneur de la connaître n'ont pas oublié la haute distinction, M. Grandidier n'eut plus qu'à coordonner et publier les innombrables matériaux recueillis pendant ses expéditions lointaines. Ce fut une entreprise formidable. *L'histoire politique, physique et naturelle de Madagascar*, qu'il commença de publier à son retour avec des collaborateurs éminents, parmi lesquels Alphonse Milne-Edwards et Vaillant, pour ne citer que les disparus, doit comprendre environ 40 volumes; les deux tiers seulement ont paru, admirables par leur exécution comme textes et comme dessins, relatifs aux sujets les plus variés. On doit espérer que cette œuvre colossale se terminera grâce au dévouement et à la science de M. Guillaume Grandidier, collaborateur très dévoué et très éclairé de son père.

C'est aussi à M. Grandidier qu'on doit la formation, en 1896, du Comité de Madagascar dont MM. Charles Roux et Alphonse Milne-Edwards faisaient partie et dont M. Dehérain était le secrétaire. Notre confrère publia dans ce Bulletin plusieurs articles pour intéresser le public français à notre grande île.

Les explorations de M. Grandidier à Madagascar ne sont pas restées un simple objet de curiosité. Elles ont puissamment servi à l'installation définitive de la France à Madagascar lorsque, en 1895 et 1896, notre demi-protectorat de 1885 s'y transforma en une annexion définitive, après l'expédition laborieuse et glorieuse dirigée par le général Duchesne. La

pacification complète, due au général Galiéni, a dû certainement beaucoup aux données de toutes sortes recueillies par notre Confrère.

M. Grandidier, devenu veuf depuis de longues années, laisse deux enfants dont, lors de ses conversations intimes avec nous, il se montrait justement fier, surtout à cause de leur conduite pendant la guerre. Sa fille, Mme de Guillebon, dont le mari, ancien officier de cavalerie, était à l'armée, était restée seule, dans sa propriété du département de l'Oise, à St-Rimault, près Saint-Just, au milieu des allées et venues de l'ennemi, et s'était montrée la véritable femme forte pour la défense de ses intérêts et de ceux du pays. Son fils, M. Guillaume Grandidier, que l'Académie des Sciences avait présenté autrefois en première ligne pour une chaire du Muséum, était, aux heures critiques d'août et septembre 1914, l'homme de confiance du général Galiéni, gouverneur de Paris, l'un des sauveurs de la France, au moment où le maréchal Joffre, ancien commandant supérieur du nord de Madagascar, gagnait la victoire inoubliable de la Marne.

Aux deux héritiers de notre très cher et très regretté Confrère, l'Académie des Sciences offre l'hommage de sa profonde sympathie.

M. Alfred Grandidier que l'Académie avait élu, en 1885, comme Membre titulaire dans la Section de Géographie et Navigation, laisse son nom attaché à l'histoire de la colonisation française. Il fut, en même temps qu'un savant éminent, un véritable ouvrier de la grandeur de notre pays.

M. J. A. L. **Waddell**, Correspondant, fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Economics of bridgework*.

PLIS CACHETÉS.

M. **Octave Cahen** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 29 septembre 1913 et inscrit sous le n° 8086.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une *Note sur un nouveau flotteur aérien*.

(Renvoi à l'examen de M. A. Rateau.)

CORRESPONDANCE.

Mme **Sachet**, dernière représentante de la famille Savart, propose à l'Académie de lui faire don du buste du physicien *Félix Savart*, par Etex. Ce don est accepté par l'Académie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques propriétés des fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur à deux variables.* Note [1] de M. **J. Kampé de Fériet**, transmise par M. Appell.

L'*ordre* ω de la fonction hypergéométrique [2]

$$(1)\quad F(x,y)=\sum_{m,n}\frac{\prod\limits_{i=1}^{i=\mu}(\alpha_i, m+n)\prod\limits_{i=1}^{i=\nu}(\beta_i, m)(\beta'_i, n)}{\prod\limits_{i=1}^{i=\rho}(\gamma_i, m+n)\prod\limits_{i=1}^{i=\sigma}(\delta_i, m)(\delta'_i, n)}\,\frac{x^m y^n}{(1, m)(1, n)}$$

ayant pour valeur $\omega=\rho+\sigma$, un examen succinct permet de remarquer que toutes les fonctions de même ordre ω se groupent naturellement en diverses familles, au point de vue de leurs propriétés essentielles, d'après la valeur du nombre

$$\theta=\omega+1-(\mu+\nu).$$

Le nombre θ pourra ainsi caractériser la *classe* d'une fonction d'ordre ω. Les fonctions *complètes* forment donc la *classe zéro;* pour chaque ordre ω il existe des fonctions de toute classe, jusqu'à $\omega+1$ inclus. *Le nombre des types différents des fonctions d'ordre ω et de classe θ est égal à*

$$\omega(\omega+3)-\theta(\omega+1).$$

Pour désigner la fonction hypergéométrique (1), on pourra employer le symbole

$$(2)\qquad F\left(\begin{array}{c|cccc|c} \mu & \alpha_1, & \ldots, & \alpha_\mu & & \\ \nu & \beta_1, \beta'_1, & \ldots, & \beta_\nu, \beta'_\nu & & \\ \rho & \gamma_1, & \ldots, & \gamma_\rho & & x, y \\ \sigma & \delta_1, \delta'_1, & \ldots, & \delta_\sigma, \delta'_\sigma & & \end{array}\right)$$

---

[1] Séance du 12 septembre 1921.

[2] Les fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur à deux variables (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 201).

qui met en évidence les *indices caractéristiques* μ, ν, ρ, σ (permettant de déterminer l'ordre et la classe) et les constantes (au nombre de $\mu + 2\nu + \rho + 2\sigma$) dont elle dépend.

Étant donnée une fonction d'ordre ω *et de classe* θ, *on peut trouver* $\theta + 1$ *fonctions complètes du même ordre* ω, *dont elle se déduit par confluence.* Désignons, en effet, par μ, ν, ρ, σ les indices caractéristiques de la fonction donnée; soient μ' et ν' deux entiers positifs tels que $\mu' + \nu' = \theta$; les indices $\mu + \mu'$, $\nu + \nu'$, ρ, σ seront caractéristiques d'une fonction complète. Supposons que dans cette fonction complète les μ premières constantes α, les 2ν premières constantes β, β' et toutes les constantes γ, δ, δ' aient les mêmes valeurs que dans la fonction donnée; en outre, pour celles qui restent, posons

$$\alpha_i = \varepsilon^{-1} \quad (i = \mu + 1, \ldots, \mu + \mu'); \qquad \beta_i = \beta'_i = \varepsilon^{-1} \quad (i = \nu + 1, \ldots, \nu + \nu')$$

et remplaçons x, y par $\varepsilon^\theta x$, $\varepsilon^\theta y$; puis faisons tendre ε vers zéro. La limite de la fonction complète est évidemment la fonction donnée. Cette proposition permet de déduire les propriétés d'une fonction de classe θ (système d'équations aux dérivées partielles, relations entre les intégrales particulières de ce système, etc.) par passage à la limite à partir d'une fonction complète du même ordre.

D'une manière plus générale, *étant donnée une fonction d'ordre* ω *et de classe* θ, *il existe* $\theta - \theta' + 1$ *fonctions de même ordre* ω *et de classe* θ' *inférieure à* θ, *dont on peut la déduire par confluence.* Voici quelques propriétés élémentaires des fonctions d'ordre et de classe quelconques :

1° La dérivée partielle, prise p fois par rapport à x et q fois par rapport à y, d'une fonction hypergéométrique est égale à la fonction du même type que l'on en déduit en remplaçant toutes les constantes

$$\alpha, \quad \beta, \quad \beta', \quad \gamma, \quad \delta, \quad \delta'$$

respectivement par

$$\alpha + p + q, \quad \beta + p, \quad \beta' + q, \quad \gamma + p + q, \quad \delta + p, \quad \delta' + q,$$

cette fonction étant multipliée par la constante

$$\frac{\Pi(\alpha, p+q)\,\Pi(\beta, p)\,(\beta', q)}{\Pi(\gamma, p+q)\,\Pi(\delta, p)\,(\delta', q)}.$$

2° Les fonctions hypergéométriques s'expriment par des intégrales définies de types divers généralisant l'intégrale de Gauss. Par exemple,

cette fonction complète, d'ordre ω,

$$F\left(\begin{array}{c|cccc|c} \omega & \alpha_1, & \ldots, & \alpha_\omega & & \\ 1 & \beta, & \beta', & & & x, y \\ \omega & \gamma_1, & \ldots, & \gamma_\omega & & \\ 0 & \ldots, & \ldots, & \ldots & & \end{array}\right)$$

est égale à l'intégrale ω — uple :

$$\int_0^1 \cdots \int_0^1 \left[\prod_{i=1}^{i=\omega} u_i^{\alpha_i-1}(1-u_i)^{\gamma_i-\alpha_i-1}\right](1-u_1\ldots u_\omega x)^{-\beta}(1-u_1\ldots u_\omega y)^{-\beta'}\,du_1\ldots du_\omega$$

multipliée par une constante; pour $\omega = 1$, cette intégrale se confond avec celle qu'a donnée M. E. Picard (1) pour représenter la fonction F_1 de M. Appell. On peut partir de ces expressions pour obtenir des formules de transformation des fonctions hypergéométriques, analogues à la formule d'Euler.

3° Toute fonction hypergéométrique de deux variables se met sous la forme d'une série simple dont les éléments sont des fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur à une variable :

$$F\left(\begin{matrix} a_1, & \ldots, & a_j \\ b_1, & \ldots, & b_k \end{matrix}, x\right) = \sum_0^{+\infty} \frac{(a_1, n)\ldots(a_j, n)}{(b_1, n)\ldots(b_k, n)} \frac{x^n}{(1, n)} \qquad (j \leqq k+1).$$

La fonction générale (2) a ainsi pour expression :

$$\sum_{m=0}^{m=+\infty} \frac{\prod_{i=1}^{i=\mu}(\alpha_i, m)\prod_{i=1}^{i=\nu}(\beta_i, m)}{\prod_{i=1}^{i=\rho}(\gamma_i, m)\prod_{i=1}^{i=\sigma}(\delta_i, m)} F\left(\begin{matrix} \alpha_1+m, & \ldots, & \alpha_\mu+m, & \beta'_1, & \ldots, & \beta'_\nu \\ \gamma_1+m, & \ldots, & \gamma_\rho+m, & \delta'_1, & \ldots, & \delta'_\nu \end{matrix}, y\right) \frac{x^m}{(1, m)}.$$

On peut en tirer, comme l'a fait M. Appell pour ses fonctions, divers cas de réduction des fonctions hypergéométriques, dont voici un exemple :

$$F\left(\begin{array}{c|ccc|c} \omega & \alpha_1, & \ldots, & \alpha_\omega & \\ 1 & \beta, & \beta', & & x, x \\ \omega & \gamma_1, & \ldots, & \gamma_\omega & \\ 0 & \ldots, & \ldots, & \ldots & \end{array}\right) = F\left(\begin{matrix} \alpha_1, & \ldots, & \alpha_\omega, & \beta+\beta' \\ \gamma_1, & \ldots, & \gamma_\omega, & \ldots\ldots \end{matrix}, x\right).$$

---

(1) E. Picard, *Comptes rendus*, t. 90, 1880, p. 1267, et *Annales de l'École Normale supérieure*, 1881.

NAVIGATION AÉRIENNE. — *Sur un appareil simple permettant d'obtenir la mesure de la dérive à bord d'un aéronef.* Note (¹) de MM. **Barbillion** et **M. Dugit**, présentée par M. Rateau.

La route effective que suit un aéronef dont le cap est maintenu dans une direction déterminée dépend de la vitesse et de la direction des courants aériens.

La déviation, par rapport à la ligne de cap, ou *dérive* due à l'effet du vent, étant une donnée qu'il est indispensable de connaître pour la navigation à l'estime, diverses méthodes, parmi lesquelles celle de M. L. Dunoyer et celle de M. Le Prieur sont les plus récentes, ont été imaginées pour effectuer sa détermination.

Celles-ci consistent à repérer la direction du déplacement par rapport au sol au moyen de l'observation des objets fixes qui défilent; mais, pratiquement, on se heurte à une difficulté provenant de la presque impossibilité de faire à bord une visée correcte par suite des trépidations et des mouvements d'oscillation.

Il en résulte une détermination qui risque d'être incertaine et qui ne peut être précisée qu'en multipliant les visées.

M. Le Prieur, en particulier, élimine les perturbations en enregistrant graphiquement les visées, ce qui permet de déduire, des pointés successifs, la direction moyenne réelle du déplacement.

Nous avons pensé qu'il y avait intérêt, pour une détermination de ce genre, à réaliser un appareil évitant à l'observateur la sujétion qu'impose la visée d'un point fixe.

Le principe repose sur l'observation simultanée de deux images optiques des objets, images symétriques par rapport à un plan et, par conséquent, dont les mouvements relatifs dépendent de la direction du déplacement des objets par rapport à ce plan.

Le dispositif optique peut être très varié; mais nous nous bornerons à l'exemple suivant :

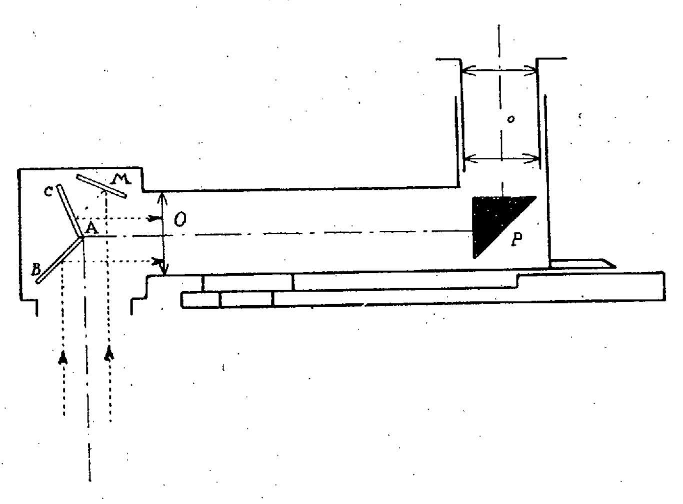
Les miroirs B et C sont respectivement inclinés à 45° et 67°,5 de part et d'autre de l'axe optique de l'objectif d'une lunette coudée O*po* (O, objectif; *p*, prisme à réflexion totale; *o*, oculaire). Les rayons réfléchis par le miroir B sont envoyés directement

---

(¹) Séance du 12 septembre 1921.

dans l'objectif, et ceux issus du même objet pénètrent dans celui-ci après réflexion sur les miroirs M et C.

Le système est réglé de façon qu'un point éloigné dans une direction parallèle à l'axe optique de l'oculaire donne deux images confondues au centre du champ.



Un objet quelconque, vu dans la lunette, se présente sous la forme de deux images symétriques par rapport à une droite zz' qui partage le champ diamétralement, et que l'on peut considérer comme la trace, sur le plan de champ, d'un plan passant par l'axe optique de l'oculaire et parallèle à l'arête A du dièdre formé par les miroirs B et C.

La lunette à double image ainsi constituée est portée par une alidade qui tourne autour d'un axe orthogonal à l'arête A et dont la position est repérée sur un quart de cercle gradué $0 \pm 45°$; l'appareil est disposé à bord, le plan du limbe horizontal dans la position du vol normal, l'alidade étant au zéro de la graduation, la ligne de symétrie zz' parallèle à l'axe de l'aéronef (ligne de cap).

L'aspect qu'offre le champ, pour un observateur qui regarde dans l'appareil les objets défiler, dépend de l'angle que fait la direction du déplacement avec la ligne zz', les images symétriques se déplaçant en effet dans deux directions faisant entre elles un angle 2, angle qui s'annule lorsque la ligne de symétrie zz' est parallèle à la direction de déplacement.

Nous donnerons à cette dernière position le nom de *position sensible*. Elle est caractérisée par le fait que les images confondues dans la région zz' restent confondues pendant la traversée du champ, et qu'un mouvement oscillatoire de part et d'autre de cette position se traduit par la substitution alternée d'un mouvement de convergence des images symétriques vers la région zz' à un mouvement de divergence.

Et c'est précisément au changement très net d'aspect qu'offrent les déplacements relatifs des images dans le champ, quand on oscille de part et d'autre de la position sensible, que celle-ci peut être aisément localisée, alors même que les images sont

troublées par les mouvements de l'aéronef autour de la position générale de translation.

La lecture de la graduation du cercle correspondant à la position moyenne des limites entre lesquelles oscille la position sensible donne directement l'angle que fait la direction réelle de déplacement avec la ligne de cap, c'est-à-dire l'*angle de dérive*.

Le principe que nous venons d'exposer permet de réaliser des appareils simples, légers, peu encombrants, d'une installation aisée et susceptibles de donner de la dérive une détermination rapide très suffisante, car elle sera obtenue avec une approximation en général supérieure à celle avec laquelle peut être suivie une direction déterminée au moyen du compas.

ASTRONOMIE. — *Sur un procédé de synchronisation des rouages d'horlogerie et des pendules employés en Astronomie*. Note de M. **d'Azambuja**, présentée par M. Deslandres.

Les rouages d'horlogerie qui entraînent les lunettes équatoriales ou les miroirs des sidérostats dans les observatoires sont munis de régulateurs dont la constance de marche est généralement loin d'atteindre celle des horloges astronomiques, même ordinaires; et, parmi les diverses causes qui contribuent à écarter l'astre visé de sa position initiale (réglage imparfait de l'axe horaire, flexions, réfraction astronomique, etc.), les erreurs dues à la marche irrégulière du rouage sont, presque toujours, de beaucoup les plus importantes.

Il en résulte que, dans les longues poses photographiques qui sont de règle en Astronomie, l'observateur est obligé de *suivre* et de rectifier fréquemment, à l'aide de rappels lents, la direction de l'instrument.

Aussi, l'idée de relier, par un dispositif de synchronisation approprié, la pendule astronomique de la salle d'observation au rouage de l'équatorial ou du sidérostat pour rendre celui-ci plus précis, n'est-elle pas nouvelle. Elle a donné lieu à des solutions diverses dont plusieurs ont été appliquées et fonctionnent avec succès.

La plus radicale supprime complètement l'ancien rouage à poids et son régulateur et les remplace par une magnéto. Le rôle de la pendule est alors d'envoyer, à l'aide de contacts convenablement disposés, le courant nécessaire pour que la magnéto ait exactement la vitesse convenable. Cette disposition qui, entre autres avantages, a celui de supprimer un grand nombre d'intermédiaires entre le régulateur de l'appareil astronomique et l'axe horaire qu'il s'agit d'entraîner, semble destinée à prévaloir dans l'avenir et à se substituer peu à peu aux rouages actuels.

D'autres solutions, plus modestes, ont seulement pour objet d'obtenir la synchronisation à l'aide d'organes simples et relativement peu coûteux, ajoutés à ces rouages. Elles sont intéressantes également, puisqu'elles permettent d'utiliser, sans grandes modifications, la plupart des appareils en service.

Je me propose de décrire ici l'une d'elles, d'un fonctionnement particulièrement efficace et régulier, adoptée, à l'Observatoire de Meudon, sur deux cœlostats fournissant la lumière solaire aux spectrohéliographes.

Elle s'inspire du système de correction existant sur les moteurs Baudot, employés par l'Administration des P. T. T. pour la transmission des télégrammes.

L'application seule est quelque peu différente : dans le système Baudot, l'appareil directeur et l'appareil synchronisé (moteurs électriques) sont semblables. Dans le dispositif de Meudon, l'appareil directeur est une pendule, le synchronisé, un moteur à poids. De plus, la correction s'applique à des axes qui font, dans le premier cas, trois tours par seconde et dans le second, un tour seulement.

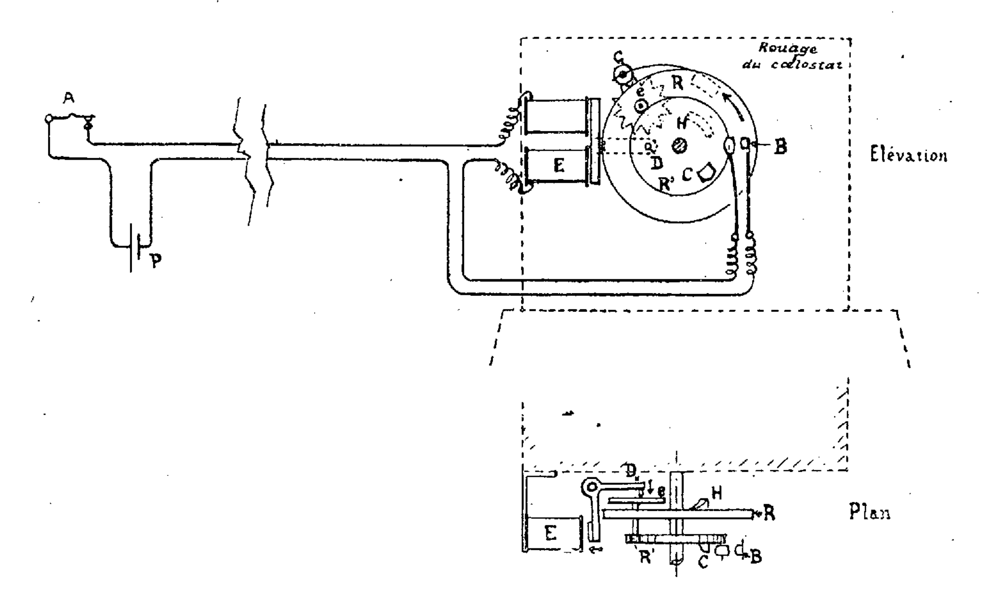
Malgré ces différences, nous avons pu nous servir, pour établir l'instrument, des pièces de série obligeamment fournies par la maison Carpentier, qui construit les moteurs Baudot.

Voici brièvement en quoi consiste le dispositif :

Le régulateur (type Foucault) du rouage est réglé de manière que celui-ci ait une avance légère sur la pendule. Cette avance n'est pas constante puisque le régulateur n'est pas parfait, mais elle peut être maintenue entre certaines limites qui sont, pratiquement, $\frac{1}{2000}$ ou 1,8 seconde à l'heure et $\frac{1}{300}$ ou 12 secondes à l'heure.

La correction a pour objet d'empêcher cette avance. Elle opère, non par freinage continu, mais par décalages successifs du rouage par rapport au régulateur, qui garde une vitesse sensiblement uniforme. A cet effet, le mobile dont la vitesse doit être exactement d'un tour par seconde, se compose de deux roues concentriques R et R′ dont l'une, R, engrène directement avec le régulateur, alors que l'autre, R′, est calée sur l'axe relié au reste du rouage et à l'axe horaire. R et R′ sont réunies par l'intermédiaire d'un différentiel commandé par une étoile à douze dents, *e*. Quand l'étoile tourne d'une dent, R′ tourne de $\frac{1}{192}$ de tour par rapport à R. La rotation spontanée de l'étoile est empêchée par un ressort à lame terminé par un galet G, de sorte que, si aucune cause étrangère n'intervient, le système des roues R et R′ tourne comme un seul bloc.

D'autre part, la pendule porte un contact A, fermé chaque seconde pendant $\frac{1}{10}$ de seconde environ. Un second contact B, commandé par un bossage C fixé à R′, est placé dans le même circuit que A. Le temps pendant lequel ce second contact est fermé à chaque passage de C est d'environ $\frac{1}{10}$ de seconde également. Le circuit comprend encore un électro-aimant E, fixé à une des platines du rouage. Il est alimenté par une pile P.



On voit immédiatement que le courant ne peut être envoyé dans l'électro E que si les contacts A et B sont fermés au même instant. Comme le rouage avance sur la pendule, il arrive toujours un moment, quel que soit au départ le désaccord entre A et B, où la simultanéité est réalisée. Alors, l'électro reçoit, pendant un temps très court, le courant de la pile P et déclanche la correction en attirant une armature pivotante portant un doigt D qui vient se placer sur le passage des dents de l'étoile *e*. Celle-ci, rencontrant le doigt, tend à tourner; le galet G se soulève et permet le décalage d'une dent; la roue R′, le bossage C et le rouage, liés entre eux, subissent un retard de $\frac{1}{192}$ de tour. Une rampe hélicoïdale H, fixée à R, ramène ensuite le doigt à sa position initiale, hors du passage de l'étoile, pour que le décalage ne se produise pas au tour suivant, si l'électro n'est pas excité à nouveau. Or, en général, il ne le sera pas, puisque la valeur du décalage est supérieure à la plus grande avance permise au rouage. En régime, la correction se produira

une fois sur deux, ou une fois sur trois, etc., la synchronisation de la pendule et du rouage étant ainsi pratiquement réalisée.

Les limites entre lesquelles l'appareil peut fonctionner sont assez étendues pour que l'on puisse, sans nouveau réglage, passer du temps moyen au temps sidéral. Il suffit de substituer au contact A, un contact A', monté sur une pendule sidérale.

Ce dispositif est employé à Meudon depuis plus d'un an et donne toute satisfaction. Nous avions pu d'ailleurs l'apprécier de longue date sur les groupes de moteurs Baudot qui actionnent les organes des spectrohéliographes de l'Observatoire, et c'est sa grande régularité qui nous a conduit à en généraliser l'application.

BOTANIQUE. — *Sur l'origine des oléoleucites chez les Hépatiques à feuilles.* Note de M. **Antoine Kozlowski**, présentée par M. Gaston Bonnier.

J'ai indiqué, à la suite d'observations sur les plantes les plus diverses, qu'à mon avis, les chloroplastes, chromoplastes et leucoplastes se forment par agglomération de petites gouttelettes suspendues dans le cytoplasme, et non par division de plastides préexistants (1). De mes recherches actuelles sur les Hépatiques à feuilles, je puis conclure que les oléoleucites se forment de la même manière.

Des plantes vivantes de *Lophocolea heterophylla* (*fig.* 1 et 2), avec tige et feuilles, ont été examinées directement dans l'eau au microscope. Le nombre des oléoleucites dans une cellule peut varier de 3 à 25; ce nombre est moins considérable dans les feuilles jeunes et dans les méristèmes; dans les feuilles qui se détruisent, ils disparaissent en même temps que les chloroplastes. Ces corpuscules sont placés dans le cytoplasme au voisinage des chloroplastes, et peuvent atteindre et même dépasser les dimensions de ces derniers. Les oléoleucites sont plus ou moins sphériques, assez souvent ovales et d'une structure granulaire persistante, facile à observer. Entre eux, on voit de petites gouttelettes qui présentent la même réfringence et les mêmes dimensions que les éléments granulaires des oléoleucites. Dans les tissus jeunes, on trouve des oléoleucites de dimensions très diverses, quoique présentant toujours la même structure granulaire.

---

(1) A. Kozlowski, *Bull. de l'Ac. des Sc. de Cracovie*, 1919.

Toutes les phases de leur évolution sont visibles dans une même cellule. Dans les tissus plus âgés, on ne trouve que des oléoleucites de grandes dimensions et des gouttelettes libres, mais aucun stade intermédiaire. Les gouttelettes libres dans les cellules des tissus jeunes s'observent plus spécialement, par paires ou en séries, au voisinage des chloroplastes et des oléoleucites, ou encore sur les filaments cytoplasmiques isolés; on trouve aussi des gouttelettes de dimensions semblables à l'intérieur des chloroplastes (*fig.* 1 à 6).

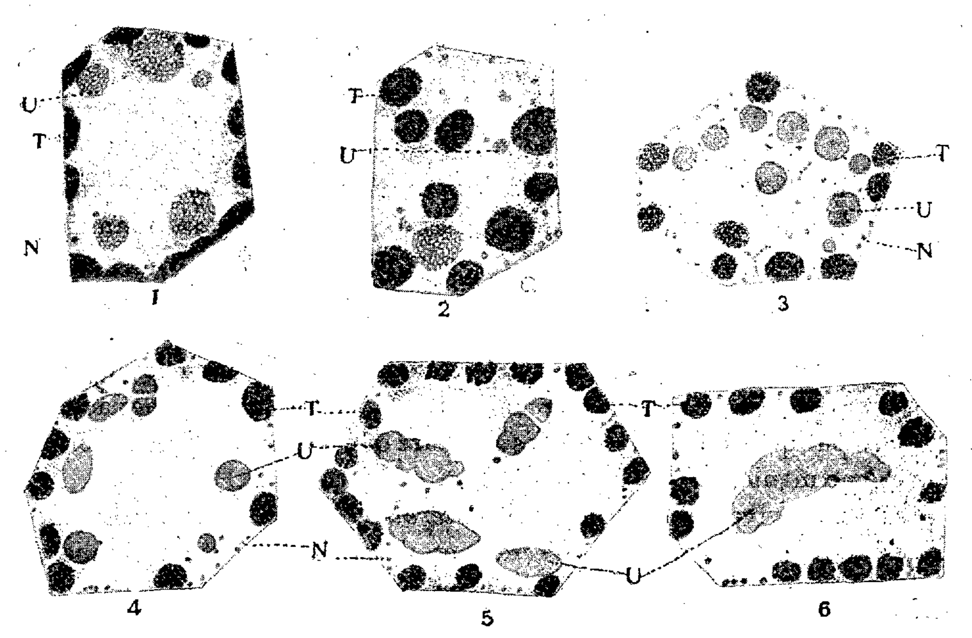


Fig. 1 et 2. — *Lophocolea heterophylla*. Une même cellule de feuille dans deux plans optiques différents.
Fig. 3. — *Lepidozia reptans*. Une cellule de feuille.
Fig. 4 à 6. — *Mastygobryum trilobatum*. Trois cellules différentes de feuille.
N, gouttelettes libres; U, oléoleucites; T, chloroplastes.
(D'après l'observation de feuilles fraîches. Immers. $\frac{1}{12}$; Oc. comp. 6.)

De la différence en nombre et en dimensions entre les oléoleucites des tissus jeunes et des tissus âgés, de l'absence totale des oléoleucites plus ou moins en forme de 8 qui feraient songer à une multiplication par bipartition, de la répartition des gouttelettes libres, de leur tendance à se grouper en agrégats de plus en plus volumineux, on serait amené à énoncer la conception suivante : La substance des oléoleucites prend naissance à l'intérieur

des chloroplastes; elle en sort sous forme de petites gouttelettes qui se déplacent le long des filaments cytoplasmiques et peuvent s'accoler à des oléoleucites déjà existants et les accroître, ou bien s'agglomérer entre elles et donner ainsi naissance à de nouveaux oléoleucites.

Cette hypothèse sur l'origine des oléoleucites trouverait sa confirmation, non seulement dans l'identité des caractères physiques des gouttelettes libres et des gouttelettes agglomérées, mais encore dans l'identité de leurs propriétés chimiques, par exemple sous l'action de l'acide osmique, de l'acide acétique, de l'alcool, de l'éther ou de la potasse.

Chez le *Lophocolea bidentata*, les oléoleucites se présentent de la même manière que chez l'espèce précédente.

Chez le *Lepidozia reptans* (*fig.* 3) et le *Mastygobryum trilobatum* (*fig.* 4-6), les oléoleucites sont homogènes parce que les gouttelettes libres qui s'agglomèrent se fondent complètement entre elles. Dans les tissus adultes de ces deux Hépatiques, les oléoleucites ont tendance à s'accumuler par paires ou par petits groupes; de la sorte, ils deviennent moins nombreux mais plus volumineux.

En résumé, je conclus de ces observations sur les Hépatiques à feuilles, que l'hypothèse de Pfeffer sur la formation des oléoleucites par agglomération de gouttelettes est justifiée, malgré les opinions contraires émises plus récemment par Wakker, Raciborski et Garjeanne.

CYTOLOGIE. — *Morphologie du spermatozoïde du Chétoptère.* Note de M. **Marc Romieu**, présentée par M. E. L. Bouvier.

Il m'a paru intéressant d'étudier avec soin le spermatozoïde du *Chætopterus variopedatus* (Rénier), pour plusieurs raisons : d'abord parce qu'il a été utilisé par Godlewski pour ses célèbres expériences, ensuite parce que le Chétoptère est un animal étrange qui s'écarte par beaucoup de caractères des autres Polychètes, au point que de Quatrefages créa pour lui le sous-ordre des *Annélides aberrantes*, enfin parce que ce spermatozoïde a été décrit et figuré de façon à la fois inexacte et contradictoire par Lespès et par Joyeux-Laffuie.

Lespès [1] signale le spermatozoïde du Chétoptère comme remarquable

(1) Lespès, *Étude anatomique sur un Chétoptère* (*Ann. Sciences nat. Zool.*, 5e série, t. 15).

par la brièveté de sa queue. Pour cet auteur il aurait une tête régulièrement ovalaire large de 1^{μ} et d'une longueur égale au quart de la longueur totale qui serait de 20^{μ}.

Joyeux-Laffuie [1] décrit une partie antérieure globuleuse de laquelle part un long filament et figure deux zoospermes dont l'un a une tête piriforme, l'autre à peu près cylindrique, tous deux munis d'un long flagelle.

L'observation, rendue difficile par la petitesse de ce spermatozoïde, m'a montré qu'aucune de ces descriptions n'est parfaitement exacte. J'ai eu entre les mains une vingtaine de Chétoptères vivants provenant de dragages dans la baie de la Hougue. Voici le résultat de mes constatations relativement au spermatozoïde.

Lorsque la fixation est bonne, on n'observe qu'un seul type de spermatozoïde dont la tête a une forme très régulière que je ne peux mieux comparer qu'à celle d'un obus, conique à la partie antérieure et plutôt cylin-

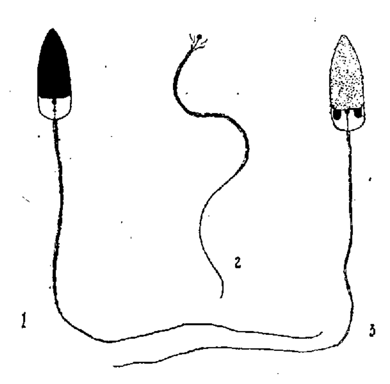


Fig. 1. — Spermatozoïde de Chétoptère (méthode de Prenant).
Fig. 2. — Queue de spermatozoïde détachée artificiellement.
Fig. 3. — Spermatozoïde de Chétoptère (méthode de Regaud).

drique dans sa partie postérieure. Elle est formée d'un noyau dense, homogène et fortement chromatique. Le segment intermédiaire est très court (1^{μ}) et très large, sa largeur étant égale à celle de la tête à laquelle il est étroitement accolé. Il a la forme d'un ménisque clair et teinté seulement par les colorants plasmatiques (*fig.* 1). Les méthodes mitochondriales m'ont montré un anneau fortement colorable situé à la périphérie

(1) Joyeux-Laffuie, *Étude monographique du Chétoptère* (*Arch. zool. expér.*, 2e série, t. 8).

du segment intermédiaire qui correspond, sans nul doute, au corps mitochondrial et qui se présente en projection sous l'aspect de deux granulations bien visibles à fort grossissement (*fig.* 3).

La tête avec le segment intermédiaire qui lui est uni a une longueur de 4^{μ} pour une largeur de $1^{\mu},5$. A l'extrémité pointue de la tête je n'ai pu distinguer de formation comparable à un acrosome.

Lorsqu'on suit avec attention le filament caudal du spermatozoïde, on s'aperçoit qu'il est beaucoup plus long qu'il ne semble au premier abord. Il atteint en effet une longueur de 35^{μ}, égale à environ sept fois la longueur de la tête. On ne peut donc dire que la queue soit très courte. D'une extrême ténuité, elle possède un filament axile colorable par l'hématoxyline au fer. J'ai vu qu'elle présente une épaisseur un peu plus grande au voisinage du segment intermédiaire, et qu'elle s'insère sur un corpuscule sidérophile qui se trouve au contact de la tête et qui est particulièrement visible lorsque le segment céphalique se trouve artificiellement détaché, car, dans ce cas, le flagelle entraîne en général avec lui son corpuscule d'insertion (*fig.* 2). On peut distinguer au flagelle une partie antérieure revêtue d'une fine pellicule protoplasmique et une partie postérieure où le filament axile paraît nu.

Des observations et de la description attentive qui précèdent, il résulte que, par ses caractères morphologiques, le spermatozoïde du Chétoptère se rapproche du type ordinaire des zoospermes d'Annélides comme il s'en rapproche par les détails de sa genèse, et quoique type un peu aberrant, le Chétoptère ne s'éloigne pas à ce point de vue des autres Polychètes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'émulsine des amandes sur le lactose en solution dans l'alcool éthylique à 85°.* Note (¹) de M. **Marc Bridel**, présentée par M. L. Guignard.

On sait que l'émulsine des amandes, agissant sur le glucose ou sur le galactose en solution dans l'alcool éthylique, provoque la formation d'éthylglucoside β (²) ou d'éthylgalactoside β (³).

(¹) Séance du 12 septembre 1921.

(²) Em. Bourquelot et M. Bridel, *Sur une réaction synthétisante de l'émulsine* (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1375); *Synthèse de glucosides d'alcools à l'aide de l'émulsine méthylglucoside β, éthylglucoside β, propylglucoside β* (*Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 437).

(³) Em. Bourquelot et H. Hérissey, *Synthèse de galactosides d'alcools à l'aide de l'émulsine Éthylgalactoside β* (*Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 731).

L'action de ce produit fermentaire sur le lactose en solution dans l'alcool éthylique n'a jamais été étudiée jusqu'ici. La réaction, dans un tel milieu, peut être fort complexe : l'émulsine peut agir synthétiquement, par la glucosidase β qu'elle renferme, en formant de l'éthyllactoside β. L'émulsine peut agir aussi hydrolytiquement, par la lactase qu'elle renferme, en décomposant le lactose en glucose et galactose. Mais alors, ces deux sucres entreront à leur tour en réaction pour former de l'éthylglucoside β et de l'éthylgalactoside β.

L'action hydrolysante de la lactase en milieu alcoolique n'a jamais été envisagée. Dans nos expériences, elle sera démontrée par la formation d'éthylgalactoside β et d'éthylglucoside β. Par contre, si l'on obtient de l'éthyllactoside β ou s'il n'y a aucun changement dans la composition de la solution, c'est que la lactase ne pourra pas exercer son action en milieu alcoolique.

Dans un premier essai qui remonte à 1912, on a fait agir l'émulsine sur une solution de lactose à $0^g,50$ dans 100^{cm^3} d'alcool à 85^c. On a constaté que, sous l'action du ferment, la rotation du mélange avait passé de $+28'$ ($l=2$) à 0 en 38 jours, la diminution de la rotation se produisant surtout dans les 15 premiers jours de l'expérience. L'émulsine agit donc sur le lactose en solution alcoolique; mais en quoi cette action a-t-elle consisté ?

Comme cette seule expérience ne permettait pas de résoudre le problème, on a fait deux autres expériences en employant des solutions de lactose à 2^g pour 1000^{cm^3} environ. Dans la première, on a fait agir l'émulsine, à $+40°$, dans une solution de lactose à $0^g,2013$ pour 100^{cm^3} et, dans la seconde, dans une solution de lactose à $0^g,1875$ pour 100^{cm^3}, mais à la température ordinaire. Le Tableau suivant résume les résultats obtenus :

	Rotation ($l=2$)		Lactose par 100^{cm^3}	
	à $+40°$.	température ordinaire.	à $+40°$.	température ordinaire.
Au départ	$+12'$	$+12'$	$0^g,2013$	$0^g,1875$
Après une action de 1 jour	$+6$	$+6$	0,1802	0,1818
» » 2 jours	-2	$+10$	0,1553	0,1722
» » 3 »	$+8$	$+4$	0,1347	0,1689
» » 4 »	$+4$	$+8$	0,1219	0,1649
» » 5 »	± 0	$+4$	0,1149	0,1609
» » 6 »	-2	$+4$	0,1126	0,1577
» » 9 »	-2	$+2$	0,1066	0,1380
» » 14 »	± 0	-2	0,1043	0,1160
» » 25 »	-2	-4	0,1009	0,0908

Alors que la quantité de sucre réducteur a diminué graduellement dans les deux essais, on a constaté des variations curieuses des rotations dans les premiers jours : diminution de la rotation suivie d'une augmentation, puis reprise de la diminution. Ces variations ne peuvent s'expliquer qu'en admettant la complexité de la réaction.

Remarquons encore que la proportion de sucre réducteur diminue rapidement pendant les cinq premiers jours, dans l'expérience faite à $+40°$, la diminution y est ensuite très lente. On arrive finalement, le 25e jour, à une diminution de près de 50 pour 100.

Au contraire, dans l'expérience effectuée à la température du laboratoire, la diminution est lente au début, mais elle représente néanmoins 51 pour 100 du lactose le 25e jour.

Pour reconnaître, de façon précise, la complexité de la réaction, il fallait chercher à isoler les produits formés. On a fait dissoudre dans 2^l d'alcool à 85^c environ 4^g de lactose et l'on a fait agir l'émulsine à la température ordinaire. La rotation du liquide a passé de $+12'$ à 0. On a filtré et l'on a distillé à sec, sous pression réduite. On a épuisé, à deux reprises, le résidu par l'éther acétique anhydre, à l'ébullition.

Par un très long repos au laboratoire, il s'est fait, dans le premier liquide, une belle cristallisation d'un produit en prismes allongés, incolores. On a recueilli ce produit et on l'a séché dans le vide. Il y en avait environ 1^g.

Il présentait un pouvoir rotatoire de $\alpha_D = -5°,90$

$$(p = 0,6772;\ v = 15;\ l = 2;\ \alpha = -32').$$

La solution aqueuse était sans action sur la liqueur de Fehling.

Sur la solution ayant servi à déterminer le pouvoir rotatoire, on a fait agir l'émulsine à la température de $+30°$. En 21 jours, la rotation a passé de $-32'$ à $+5°50'$, soit un changement de déviation de $6°22'$, en même temps qu'il se formait, pour 100^{cm^3}, $3^g,772$ de sucre réducteur, exprimé en galactose; ce qui représente un indice de réduction de 589.

En outre, le sucre réducteur formé a été obtenu à l'état cristallisé : il présentait les caractères microscopiques du galactose cristallisant dans une solution concentrée (¹).

L'éthylgalactoside β présentant un pouvoir rotatoire de $\alpha_D = -6°,60$, et un indice de réduction de 575, on voit qu'il ne peut y avoir de doute sur l'identité du produit obtenu : il s'est formé, au cours de l'action de l'émul-

---

(¹) Ém. Bourquelot, *Recherches sur le galactose et l'arabinose* (*Assoc. franç. Avanc. des Sciences*, 1887, p. 338).

sine sur le lactose en solution dans l'alcool à 85^c, de l'éthylgalactoside β.

L'obtention de l'éthylgalactoside β apporte la preuve que la lactase exerce son action hydrolysante dans l'alcool à 85^c. Cette action de la lactase ne permet pas de reconnaître si la glucosidase β peut combiner, dans un tel milieu, le lactose à l'alcool éthylique. Pour étudier l'action de la glucosidase β, il faudrait obtenir un produit fermentaire dans lequel ce ferment ne serait pas accompagné de lactase.

La séance est levée à 16 heures.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 SEPTEMBRE 1921.

PRÉSIDENCE DE M. Léon GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **de Bodola**, **Gautier**, **Hepites**, **Torrès y Quevedo**, **Tanakadate**, **Volterra**, **Riggiani**, venus pour la *Conférence internationale des Poids et Mesures* dont la session commence demain.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le rôle des actions électriques dans l'émission et l'apparence de certains types de raies du spectre du magnésium.* Note de MM. **A. de Gramont** et **G.-A. Hemsalech.**

Des expériences préliminaires sur l'apparition des raies d'étincelle du plomb et de l'étain dans l'arc électrique, nous avaient amenés à conclure que l'émission de ces raies est liée à l'existence de champs électriques intenses [1]. Continuant nos recherches dans cet ordre d'idées nous avons porté notre attention tout spécialement sur le spectre du magnésium. Nous avons choisi cet élément non seulement à cause de son importance en Astrophysique, mais aussi parce que son spectre contient quatre types bien distincts de raies, qui occupent, à tour de rôle, des positions significatives dans les diverses sources lumineuses des laboratoires. Ces quatre types de raies sont les suivants, dans la région du spectre intéressant surtout les astronomes : 1° Raie de la flamme, λ 4571 ; 2° Triplets de la seconde série à λ 3838, et à 5184 [b] de Fraunhofer; 3° Série nébuleuse de Rydberg,

---

[1] A. de Gramont et G.-A. Hemsalech, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 278.

dont la raie la moins réfrangible dans cette région est λ 5528; 4° Raies d'étincelle, dont la plus importante est λ 4481 (proto-magnésium de Lockyer). Les raies des deuxième et troisième types représentent les raies d'arc proprement dites. Nous avons également étudié les spectres du zinc et du cadmium au point de vue de l'apparition de leurs raies d'étincelle dans l'arc. Les méthodes employées ont été les mêmes que celles que nous avons décrites précédemment, à savoir : soufflage de l'arc, mouillage des électrodes par divers liquides, refroidissement par l'air liquide, et influence de divers milieux gazeux. Le phénomène lumineux produit à l'aide de ces méthodes est particulièrement bien défini avec des électrodes en magnésium et, en projetant une image nette sur la fente du spectrographe, de telle sorte que le déplacement de l'électrode supérieure ait lieu parallèlement à la fente. Il nous a été possible, ainsi, de suivre le développement du phénomène à travers ses diverses phases et d'en déterminer les principales données. Comme liquides nous avons employé l'eau distillée, la glycérine et le pétrole. Les deux premiers de ces liquides contiennent de l'oxygène et l'on devait s'attendre à observer des effets optiques résultant des réactions chimiques pendant la première phase. Nous avons constaté, en effet, que la raie 4571, ainsi que la bande 5007, attribuée généralement à l'oxyde de magnésium, sont assez fortement émises dans les couches d'eau et de glycérine, mais très faiblement dans la couche de pétrole. Pendant la seconde phase, quand la décharge est sous l'influence de l'air atmosphérique, la raie et la bande sont bien développées dans les trois cas. Dans les mêmes conditions, l'émission des triplets (raies du deuxième type) n'est pas influencée par la nature du liquide, sauf que dans l'arc à goutte d'eau ils apparaissent plus élargis. Les raies du troisième type (série de Rydberg) sont absentes ou très faibles dans la couche de pétrole, mais fortement développées dans l'eau et dans la glycérine.

Elles ont tendance à s'élargir vers le rouge, et leur caractère de raies ailées est particulièrement marqué pendant la première phase de l'arc à goutte d'eau; mais, même pendant une partie de la seconde phase, ces ailes persistent et, fait remarquable, elles disparaissent brusquement à un moment donné.

Quant aux raies d'étincelle, elles sont émises pendant la première phase avec les trois liquides. La raie λ 4481, en particulier, accuse un développement extraordinaire pendant la première phase. Son intensité relative et son élargissement symétrique sont semblables à ceux qu'on observe pour cette raie dans l'étincelle de capacité. Pendant la seconde phase, l'intensité

et la largeur de la raie 4481 décroissent rapidement et, à un certain moment, l'intensité subit une brusque diminution. Le moment précis de ce changement instantané dans l'intensité de la raie d'étincelle 4481 coïncide avec celui de la disparition des ailes des raies du troisième type, comme si la cause de ces deux phénomènes était de même origine. Nous avons constaté des faits analogues pour les raies d'étincelle du cadmium. Dans l'arc à goutte d'eau, nous avons relevé les raies d'étincelle suivantes :

Pour le magnésium : 3850, 3854, 3890, 3892, 3896, 3898, 4481, 4584;

Pour le zinc : 2502, 2558, 4912 et 4924;

Pour le cadmium : 2195, 2313, 2321, 2573, 2749, 3250, 3536, 4416, 5338 et 5379.

Comme nous l'avions fait pour le plomb et l'étain, nous nous sommes assurés que *l'émission des raies d'étincelle, par l'arc à couche liquide, était indépendante de la nature et de la conductibilité du liquide*. Nous avons ainsi obtenu les raies d'étincelle du magnésium avec des couches formées par des dissolutions concentrées de sulfate et de chlorure de magnésium, et celles du cadmium avec le chlorure de cet élément.

Les raies d'étincelle du magnésium sont émises très fortement au moment de l'amorçage d'un arc dans l'hydrogène, l'oxygène et le gaz d'éclairage. Dans aucun de ces gaz, l'arc entre électrodes en magnésium ne se maintient, de sorte que l'ionisation des vapeurs ne peut jamais atteindre une grande valeur. Par contre, dans l'azote, l'arc au magnésium brûle d'une façon stable et continue, ce qui doit engendrer une ionisation fort élevée des vapeurs, tout comme avec l'arc brûlant dans l'air. Dans ce dernier cas, la raie 4481 se montre seulement comme traces diffuses aux électrodes. Il est alors curieux de constater au contraire son émission dans l'azote comme une ligne fine et nette, passant d'une électrode à l'autre. Elle se classe alors comme raie longue. Son caractère est donc tout différent de ce que nous avons observé quand cette raie est d'origine purement électrique. Dans ce cas, elle paraît toujours plus ou moins élargie des deux côtés. De plus, les raies de la série de Rydberg, au lieu d'être diffuses et ailées comme dans les cas précédents, sont plutôt nettement définies et sans ailes apparentes. Ces deux faits nous font supposer que, pour l'arc au magnésium dans l'azote, les forces électriques jouent un rôle secondaire dans l'excitation de ces radiations. On sait que le magnésium se combine assez facilement avec l'azote aux températures élevées et il est possible que l'émission et le caractère particulier des raies des troisième et quatrième types soient une manifestation lumineuse du processus

qui implique la formation du nitrure de magnésium. En faisant passer l'arc dans l'air liquide, la raie d'étincelle 4481 est fortement émise tout le long de la décharge. Dans les mêmes conditions, les raies d'étincelle du zinc, 4912 et 4924, sont intenses au seul moment de l'amorçage. Nous n'avons pas pu observer dans l'air liquide les raies d'étincelle du cadmium 5338 et 5379, peut-être parce que les électrodes se collent facilement par suite du point de fusion peu élevé de ce métal, ce qui a empêché de donner un temps de pose suffisant.

Par contre, nous avons constaté qu'au moment de l'amorçage, la raie renforcée Cd 4416 était beaucoup plus intense que la raie d'arc voisine Cd 4413. Pendant la seconde phase, c'est cette dernière qui prédomine.

La plupart de nos expériences ayant été faites avec des arcs à 80 ou 110 volts, il nous a paru nécessaire d'en répéter quelques-unes avec des tensions de 200 volts.

L'effet des tensions plus élevées, dans le cas du magnésium avec goutte d'eau, se manifeste par le développement plus marqué du spectre entier émis pendant la deuxième phase. Les raies de la série de Rydberg, qui sont ailées dans la première phase et au commencement de la seconde, apparaissent comme raies fortes et assez bien définies pendant la majeure partie de la décharge. Les raies des triplets, quoique fortement élargies au commencement de la décharge, se comportent d'une façon normale. Mais le phénomène le plus frappant et le plus remarquable à observer pendant la seconde phase est toujours l'extinction brusque de l'émission de la raie d'étincelle 4481, tandis que toutes les raies des autres types continuent sans aucun changement appréciable. Assez élargie dans la couche d'eau, cette raie se présente ensuite comme une ligne étroite et intense, caractère qu'elle garde jusqu'au moment de sa disparition subite. Cet événement semble indiquer qu'un facteur essentiel à l'émission de la raie 4481 vient de disparaître à ce moment, ou d'atteindre une valeur minima, au-dessous de laquelle son excitation n'est plus possible.

Pour pouvoir obtenir des notions plus précises sur l'origine et la nature des variations spectrales observées pendant le déroulement du phénomène lumineux présenté par l'arc depuis son allumage jusqu'à son extinction, nous avons déterminé, pour tous les liquides employés, la position des points qui marquent les principaux événements. Dans le Tableau suivant, nous offrirons pour exemple quelques données sur l'arc à goutte d'eau à 80 volts, entre électrodes de magnésium.

	Distance à partir de l'électrode fixe.	Temps écoulé depuis l'amorçage.
	mm	sec
Épaisseur de la couche d'eau au moment de sa rupture (fin de la première phase)	0,10	0,0001
Chute brusque de l'intensité de la raie d'étincelle 4481	1,51	0,0015
Hauteur de la raie d'arc 5184 marquant fin de la seconde phase	4,76	0,0048

C'est, on le sait, pendant la première phase, c'est-à-dire dans la couche liquide, que prennent naissance les raies d'étincelle. Il est donc intéressant de comparer la durée de cette phase avec celle d'une étincelle de capacité. Avec l'aide des photographies obtenues jadis par l'un de nous en collaboration avec Sir Arthur Schuster (¹), nous avons calculé que la phase de l'étincelle, comprenant la décharge initiale et les oscillations dans la vapeur métallique, dure environ 0,000016 seconde. Or, comme nous venons de le voir, le temps nécessaire à l'électrode mobile pour traverser la couche d'eau est de 0,0001 seconde, de sorte que les phénomènes lumineux qui accompagnaient les débuts de la progression de l'électrode mobile à travers le liquide, ont dû être d'aussi courte durée que celle de la phase des oscillations d'une étincelle de capacité. De plus, il est facile de voir que, pour de faibles distances entre les électrodes, l'application d'un potentiel de 80 volts peut engendrer l'établissement de champs électriques dont l'intensité peut atteindre et même dépasser 20000 volts : cm, valeur qui s'approche de celles des champs entre boules de 5^{mm} de diamètre au moment d'une décharge à étincelle. Il nous semble donc permis de conclure que la chute de potentiel dans les deux cas est du même ordre de grandeur et que l'émission des raies d'étincelle, tant dans l'étincelle de capacité que dans la couche liquide de l'arc, est liée à la présence d'un champ électrique intense.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, les raies d'étincelle, après avoir pris naissance dans la première phase, continuent à être émises pendant une partie de la seconde phase et, à un certain moment, elles s'arrêtent brusquement, ou tout au moins accusent une chute subite et très marquée dans leur intensité. Si l'émission de ces raies est réellement régie par des forces électriques, on doit supposer que leur arrêt subit correspond à une certaine

---

(¹) Schuster et Hemsalech, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol. 193, 1899, p. 189.

valeur critique des forces électriques au-dessous de laquelle leur émission ne peut plus être soutenue. Afin d'élucider ce point, nous avons déterminé, pour un certain nombre de cas différents, la valeur effective du champ électrique au moment de l'arrêt de l'émission, en supposant la résistance du milieu infiniment grande. Voici les résultats pour la raie du magnésium λ 4481. Les arcs jaillissaient entre électrodes métalliques, sauf dans les cas spécialement indiqués.

	Nature de l'arc.	Champ en volts : cm.	Remarques.
Arcs à 80 volts.	A goutte de glycérine	840	Les bandes du C 3883 et 4216 sont très marquées dans ce spectre.
	» pétrole	770	
	» eau	528	
	» diss. concentrée de sulfate de magnésium entre pôles de Mg...	478	
	» même entre pôles de graphite	519	Les bandes du C sont absentes du spectre.
	Dans l'hydrogène	519	
	Arc soufflé	404	
Arcs à 200 volts.	Arc à eau	462	
	Arc à diss. conc. de chlorure de magnésium entre pôles de graphite	834	Bandes du C absentes, mais raies du calcium prédominant dans le spectre.

La plupart des nombres sont au voisinage de 500 volts : cm. Les deux premiers et le dernier s'éloignent beaucoup de cette moyenne, probablement à cause de la présence des vapeurs de carbone et de calcium, bonnes conductrices de l'électricité, et diminuant ainsi la résistance du milieu. Par conséquent le point d'arrêt des raies d'étincelle devait être situé plus près de l'électrode fixe. Dans nos calculs nous n'avons pas pu faire entrer l'influence de la résistance de l'arc, quantité difficile à évaluer, vu la courte durée du phénomène. Mais, eu égard à ces considérations, la concordance des valeurs obtenues nous semble indiquer qu'en effet l'émission de la raie d'étincelle 4481 est régie par des forces électriques et qu'il existe une valeur critique de cette force au-dessous de laquelle cette raie n'est plus émise.

Notre conclusion relative à l'existence de champs électriques intenses pendant la première phase de l'arc à goutte liquide semble recevoir une confirmation inattendue par le fait de la bifurcation qu'accuse la raie 4862 de l'hydrogène au voisinage de l'électrode fixe. Cette raie, qui est simple

dans la deuxième phase, apparaît double dans la première et les deux composantes s'écartent de plus en plus en s'approchant de l'électrode, de sorte que cette raie présente l'aspect caractéristique du phénomène de Stark donné par le dispositif de M. Lo Surdo. Ainsi, avec l'arc à goutte d'eau sous 200 volts, la raie H_β a donné près de l'électrode fixe un écartement des composantes extérieures de 10 unités d'Angström de chaque côté de la position normale. D'après M. Stark, cet écartement correspond à un champ électrique d'environ 50000 volts : cm. En calculant le champ pour une distance de $0^{mm},05$ entre les électrodes avec une différence de potentiel de 200 volts, on trouve 40000 volts : cm, une valeur qui est du même ordre de grandeur que celle indiquée par l'effet Stark. De plus, comme nous l'avons déjà mentionné, les raies de la série de Rydberg (raies du troisième type) apparaissent fortement élargies vers le rouge, surtout pendant la première phase quand le champ électrique est encore intense.

Or, MM. Takamine et Kokubu [1] ont démontré que ces raies sont précisément déplacées vers le rouge par un champ électrique. D'un autre côté l'arc stable dans l'azote, où le champ électrique n'était que d'environ 150 volts : cm, nous a donné les raies de la série Rydberg *sans ailes*. Dans les mêmes conditions la raie d'étincelle 4481 était une ligne fine. Nous croyons donc pouvoir conclure que le remarquable élargissement symétrique de la raie d'étincelle, ainsi que l'élargissement vers le rouge des raies de la série de Rydberg pendant la première phase de l'arc constituent une manifestation de l'effet Stark.

M. G. Charpy présente une brochure intitulée : *Conditions et essais de réception des métaux* (*Unification des cahiers des charges*).

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie la deuxième édition d'une brochure relative aux conditions de réception des métaux. La première édition, publiée en 1917 et préfacée par M. H. Le Chatelier, avait pour but d'attirer l'attention sur l'importance capitale que présente pour l'industrie la question des cahiers des charges que l'on a souvent tendance à considérer comme accessoire. Depuis cette époque, il a été constitué une Commission interministérielle d'unification des cahiers des charges, ultérieurement

(1) Takamine et Kokubu, *Memoirs of the College of Science* (*Kyoto Imperial University*), vol. 3, 1918, p. 178.

englobée dans la Commission permanente de Standardisation. Les premiers résultats obtenus par cette Commission sont signalés dans la présente brochure; il paraît extrêmement désirable qu'ils soient étendus et complétés sans retard.

NOMINATIONS.

M. **Leclainche** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument élevé, à Cusset, en l'honneur du professeur **Arloing**, le 9 octobre prochain.

CORRESPONDANCE.

M. **Joseph Laïs** adresse un Rapport sur l'emploi de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1919.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Louis Maillard, *Le mouvement quasi newtonien et la gravitation.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur un type de génération quadratique doublement continue d'une cubique plane donnée par neuf points simples.* Note de M. **L. Casteels.**

Il y a un demi-siècle environ, Chasles a publié dans ces *Comptes rendus* une série de Notes se rapportant à la description homographique des courbes C_m données par $\frac{1}{2}m(m+3)$ points. On sait que la principale difficulté de ce mode de génération réside dans la détermination des éléments inconnus des bases des deux faisceaux générateurs. Ayant pris un autre point de départ, nous avons imaginé une méthode générale et uniforme de génération continue, où la question de la recherche *préalable* de certains points fixes ne se pose pas. Cette méthode se base sur l'existence de certaines identités à trois termes, où celles des « courbes » qui concourent *effectivement* à la génération de C_m sont d'ordre inférieur à m et assurent, par le seul jeu de leurs intersections mutuelles, l'apparition d'éléments

nouveaux de la courbe. Nous nous bornerons ici à un type très spécial de description d'une cubique G_3, en partant du théorème que voici :

Si, par un groupe donné C_9 *de neuf éléments simples* $a_1, a_2, \ldots, a_9$ *d'une cubique* C_3, *on fait passer deux sextiques triquadratiques* $X_6 \equiv X_2^I X_2^{II} X_3^{III}$ *et* $Y_6 \equiv Y_2^I Y_2^{II} Y_2^{III}$, *qui se coupent au surplus en dix-sept points* $d_1, d_2, \ldots, d_{17}$ *d'une cubique dégénérée* $Z_3 \equiv Z_1 Z_2$, *les sextiques se rencontrent en un dix-huitième point* d_{18} *de cette courbe, tandis que leurs neuf intersections résiduelles* $a_{10}, a_{11}, \ldots, a_{18}$ *forment un groupe* G'_9 *d'autant de points nouveaux de* C_3.

En supposant que les dix-huit intersections de X_6 (ou Y_6) avec Z_3 soient distinctes, l'existence du point d_{18} résulte d'une proposition classique de Cayley ([1]), mise au point par Bacharach ([2]), et l'apparition du groupe G'_9 est dès lors une conséquence d'un théorème bien connu de Gergonne ([3]). Analytiquement on obtient une identité de la forme ([4])

$$X_2^I X_2^{II} X_2^{III} + Y_2^I Y_2^{II} Y_2^{III} + Z_1 Z_2 . C_3 \equiv 0. \tag{1}$$

Cela étant, examinons la question de l'existence de l'identité (1) dans les conditions bien définies où nous voulons interpréter cette forme. Or les dix-huit points a (supposés distincts, pour fixer les idées) communs à X_6, Y_6 et C_3, sont soumis à six premières relations provenant de la décomposition de X_6 et Y_6 en trois coniques. Mais, d'après une nouvelle application du théorème de Cayley-Bacharach, l'une *quelconque* de ces six relations est une conséquence nécessaire des cinq restantes. En second lieu, le fait de la décomposition de Z_3 en une droite Z_1 et une conique Z_2 introduit deux relations nouvelles entre les points du groupe considéré G_{18}. D'où un total de sept relations indépendantes, laissant libres onze points sur C_3, dont il faut encore déduire les neuf points du groupe donné G_9, pour obtenir le nombre des points réellement arbitraires de G_{18}.

Ainsi, *les modes de génération éventuels donnés par le théorème ci-dessus, qui a maintenant un sens bien précis, sont caractérisés, dans les conditions les plus générales et les plus simples* ([5]), *par l'apparition de* $\lambda = 2$ *points générateurs, qui répondent aux deux paramètres indépendants de l'identité* (1).

L'existence des deux éléments générateurs indépendants conduit à une

---

([1]) Cambridge, *Math. Journal*, t. 3, p. 211.

([2]) Voir, par exemple, *Math. Ann.*, t. 26, p. 275 et suivantes.

([3]) *Annales*, t. 17, p. 220.

([4]) NOETHER, *Math. Ann.*, t. 6, p. 351.

([5]) Quand une des coniques X_2, Y_2, Z_2 dégénère, il ne subsiste qu'un seul élément générateur ($\lambda = 1$). Même conclusion si l'on astreint Z_3 à traverser un point de G_9. Ce dernier cas provoque l'apparition de points doubles et exige une étude toute spéciale.

génération *doublement continue* de la cubique C_3. Désignons par x_1 et x_2 deux points quelconques qui correspondent aux deux paramètres arbitraires de (1) et représentons par $\omega(A_p B_q)$ la dernière, et par $\omega\omega(A_p B_q)$ les deux dernières des intersections des courbes A_p et B_q. On réalise successivement, par exemple, les courbes et les points

$$X_2^{I} = a_1 a_2 a_3 a_4 x_1, \quad X_2^{II} = a_5 a_6 a_7 a_8 x_2, \quad Y_2^{I} = a_1 a_2 a_5 a_6 a_9,$$
$$d_1 \text{ et } d_2 = \omega\omega(X_2^{I} Y_2^{I}), \quad Z_1 = d_1 d_2,$$
$$d_3 = (\text{l'une quelconque des deux intersections de } X_2^{II} \text{ avec } Z_1),$$
$$Y_2^{II} = a_3 a_4 a_7 a_8 d_3, \quad d_4 \text{ et } d_5 = \omega\omega(X_2^{II} Y_2^{I}), \quad d_6 = \omega(X_2^{II} Y_2^{II}),$$
$$d_7 \text{ et } d_8 = \omega\omega(X_2^{I} Y_2^{II}), \quad Z_2 = d_4 d_5 d_6 d_7 d_8, \quad d_9 = \omega(Y_2^{II} Z_1),$$
$$d_{10} = \omega(Y_2^{II} Z_2), \quad d_{11} \text{ et } d_{12} = \omega\omega(Y_2^{I} Z_2), \quad X_2^{III} = a_9 d_9 d_{10} d_{11} d_{12}.$$

Ensuite

$$d_{13} = \omega(Z_1 X_2^{II}), \quad d_{14} = \omega(Z_1 X_2^{III}), \quad d_{15} = \omega(Z_2 X_2^{II}),$$
$$d_{16} \text{ et } d_{17} = \omega\omega(Z_2 X_2^{I}), \quad Y_2^{III} = d_{13} d_{14} d_{15} d_{16} d_{17};$$

enfin

$$d_{18} = \omega(Z_2 Y_2^{III}),$$

ce point appartenant, d'après le théorème ci-dessus, à la conique X_2^{III}.

D'où, par des constructions exclusivement linéaires et quadratiques, les neuf points suivants : $a_{10} = \omega(X_2^{III} Y_2^{I})$, a_{11} et $a_{12} = \omega\omega(X_2^{III} Y_2^{II})$, a_{13} et $a_{14} = \omega\omega(X_2^{I} Y_2^{III})$, a_{15} et $a_{16} = \omega\omega(X_2^{II} Y_2^{III})$, a_{17} et $a_{18} = \omega\omega(X_2^{III} Y_2^{III})$, qui sont autant d'éléments nouveaux de C_3. Les trois premiers se réalisent indépendamment de Y_2^{III}, tandis que les six derniers s'obtiennent par l'intervention directe de cette conique (1). Le premier, a_{10}, est d'ailleurs commun à tous les groupes nouveaux, C_9', en nombre doublement infini, qu'on obtient en faisant varier, indépendamment l'une de l'autre, les coniques X_2^{I} et X_2^{II}. Au surplus, les droites a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{14}, a_{15}, a_{16} rencontrent C_3 en les points fixes f_1, f_2, f_3, dont la position est déterminée par deux couples (X_2^{I}, X_2^{II}).

Ainsi, *l'identité du sixième « ordre »* (1) *conduit effectivement à quatre points fixes* a_{10}, f_1, f_2, f_3 *et à* ∞^2 *groupes de huit points nouveaux* $a_{11}, a_{12}, \ldots, a_{18}$ *de la cubique* C_3 (2).

---

(1) La construction qui donne les points a_{10}, a_{11}, a_{12} rentre dans une classe très étendue de modes de génération, ceux-ci se rapportant à des identités à interprétation *partielle* et d'un « ordre » aussi élevé que l'on veut.

(2) Il existe une identité du *cinquième ordre*, à paramètre indépendant unique ($\lambda = 1$) et qui conduit aussi à des modes de génération très remarquables de C_3. Quant aux identités du *quatrième ordre*, elles ne se prêtent pas à une génération *continue* de C_3, sauf dans le cas d'une cubique unicursale, dont le point double figure parmi les éléments donnés définissant la courbe.

En ce qui concerne les éléments intermédiaires d_1 à d_{18}, ils se déterminent en faisant appel à des problèmes connus qu'on peut d'ailleurs, en partant de certaines identités, traiter par une méthode analogue à celle ci-dessus.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés des fonctions croissantes.* Note [1] de M. **Théodore Varopoulos**, transmise par M. Hadamard.

1. Dans son Mémoire [2], M. Borel a démontré un théorème sur les fonctions croissantes $\varphi(x)$ tendant vers l'infini avec x et continues, savoir :

Étant donné un nombre positif θ quelconque et supérieur à l'unité, s'il existe des valeurs de x ne satisfaisant pas à l'inégalité

$$\varphi(x') < [\varphi(x)]^\theta, \qquad x' = x + \frac{1}{\log\varphi(x)},$$

ces valeurs remplissent des intervalles d'étendue totale finie. La longueur totale d'une suite d'intervalles exceptionnels situés à droite d'une valeur x_0 ne dépasse pas la quantité $\frac{\theta}{\theta-1}\frac{1}{\log\varphi(x_0)}$.

Autrement dit :

L'addition de $\frac{1}{\log\varphi(x)}$ à x n'altère pas l'ordre de croissance de la fonction croissante $\varphi(x)$, sauf peut-être dans des intervalles d'étendue totale finie.

2. Le théorème ci-dessus énoncé suggère le problème intéressant suivant :

Chercher les quantités $\frac{1}{m(x)}$ les plus générales, indépendantes de la fonction $\varphi(x)$ dont l'addition à x n'altère pas la croissance de la fonction donnée $\varphi(x)$.

J'ai entrepris des recherches dans cette voie, encouragé par M. Hadamard, et j'ai pu obtenir les résultats suivants :

I. Théorème. — *Si la fonction croissante positive $m(x)$ est assujettie à la condition que la série*

$$\sum_{x_0}^{\infty}\frac{1}{m(x)} \qquad (x_0 \text{ étant une certaine valeur de } x)$$

converge, toute fonction $\varphi(x)$ croissante continue vérifie l'inégalité

$$\varphi\left[x + \frac{1}{m(x)}\right] < [\varphi(x)]^\theta,$$

---

(1) Séance du 19 septembre 1921.

(2) *Sur les zéros des fonctions entières* (*Acta mathematica*, t. 20, 1897).

θ étant un nombre positif quelconque et supérieur à l'unite, partout sauf peut-être dans des intervalles exceptionnels d'étendue totale finie.

Ce théorème répond complètement à notre problème.

Nous pouvons par exemple choisir

$$m(x) = x \log x \log_2 x \ldots (\log_\nu x)^{1+\varepsilon} \qquad (\varepsilon > 0),$$

étant donné que la série de Bertrand $\sum \frac{1}{x \log x \ldots (\log_\nu x)^{1+\varepsilon}}$ converge.

Dans les cas, très généraux d'ailleurs, où la série $\sum \frac{1}{\log \varphi(x)}$ converge, nous pouvons bien choisir les quantités $\frac{1}{m(x)}$ de façon que $\frac{1}{m(x)}$ soit plus grand que $\frac{1}{\log \varphi(x)}$, et alors cela nous fait gagner en grandeur parce que nous ajoutons à x des quantités plus grandes sans altérer la croissance de la fonction $\varphi(x)$; par conséquent l'importance de notre théorème est évidente.

Donnons-nous, en effet, un exemple : soit $\varphi(x) = e^{e^{e^x}}$; d'après le théorème de M. Borel, il faut ajouter la quantité $\frac{1}{\log \varphi(x)} = \frac{1}{e^{e^x}}$, mais puisque les séries $\sum \frac{1}{\log \varphi(x)}$, $\sum \frac{1}{e^x}$ convergent, alors nous pouvons choisir $m(x) = e^x$ et ainsi nous ajoutons à x la quantité $\frac{1}{e^x}$ plus grande que $\frac{1}{\log \varphi(x)}$.

3. Le théorème que nous venons d'énoncer est général, en ce sens qu'il concerne les croissances $\varphi(x)$ aussi rapides que l'on veut.

Si nous nous bornons à une classe de fonctions croissantes $\varphi(x)$ qui vérifie à partir d'une certaine valeur de x, l'inégalité

$$\log \varphi(x) < ax$$

(a étant une constante positive), nous arrivons à l'énoncé suivant :

II. Théorème. — *Pour toutes les croissantes $\varphi(x)$ telles que*

$$\log \varphi(x) < ax$$

($a > 0$ quelconque), *nous avons l'inégalité suivante :*

$$\varphi[x + \mu(x)] < \varphi(x)^\theta,$$

θ étant un nombre positif quelconque et supérieur à l'unité, partout sauf une suite d'intervalles exceptionnels dont la longueur est finie, $\mu(x)$ étant une fonction décroissante quelconque.

L'intérêt de ce théorème réside dans le fait que nous ne faisons aucune hypothèse sur les fonctions décroissantes $\mu(x)$.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur la stabilité à la Poisson dans le problème des trois corps*. Note ([1]) de M. **Jean Chazy**.

Dans le but d'étendre la notion de stabilité à la Poisson, Poincaré a considéré ([2]) le prolongement analytique du mouvement au-delà de la valeur infinie du temps : si une trajectoire ne possède pas la stabilité à la Poisson quand le temps t croît de la valeur $t = 0$ à $t = \infty$, l'ensemble de cette trajectoire et de ses prolongements analytiques successifs peut posséder cette stabilité. Poincaré prend au lieu du temps une autre variable indépendante; mais si l'on possède une représentation du mouvement pour les grandes valeurs du temps réelles et positives, cette représentation peut servir à étudier le prolongement analytique.

Considérons d'abord le mouvement hyperbolique de deux corps, dans lequel M. Picard a précisé ([3]) le prolongement de la trajectoire. Dans ce mouvement, le rayon vecteur admet une expression de la forme

$$r = nat + a \log t + \mathrm{P}\left(\frac{\log t}{t}, \frac{1}{t}\right),$$

avec les notations habituelles, et où l'on désigne par P une série entière, à coefficients constants, convergente quand les deux variables $\frac{\log t}{t}$ et $\frac{1}{t}$ sont assez petites. Il résulte immédiatement que si le point t quitte le segment positif de l'axe réel, tourne dans son plan complexe autour du point $t = \infty$ d'un angle multiple impair de π, puis décrit le segment négatif de l'axe réel, la nouvelle valeur du rayon vecteur est imaginaire. Donc, *si dans le mouvement prolongé le rayon vecteur a des valeurs réelles, le temps a nécessairement des valeurs imaginaires*.

L'équation de la branche d'hyperbole, trajectoire primitive du point mobile M, $r(1 + e\cos\theta) = p$, subsiste dans le mouvement prolongé : comme M. Picard, prenons pour nouvelle variable indépendante l'anomalie vraie θ, qui reste nécessairement réelle. On voit facilement que le temps, considéré comme fonction de la variable complexe θ, admet au voisinage du point $\theta = \alpha$ $\left[\frac{\pi}{2} < \alpha = \arccos\left(-\frac{1}{e}\right) < \pi\right]$ un développement de la forme

$$t = \frac{\sqrt{e^2 - 1}}{n(\alpha - \theta)} + \frac{\log(\theta - \alpha)}{n} + \mathrm{P}_1(\theta - \alpha),$$

([1]) Séance du 19 septembre 1921.
([2]) *Les méthodes nouvelles de la Mécanique céleste*, t. 3, p. 168-174.
([3]) *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, t. 38, 1914, p. 323.

P_1 désignant une série entière convergente à coefficients constants. Si le point θ tourne dans son plan, autour du point α, d'un angle multiple impair de π, $(2N+1)\pi$, et que dans le mouvement prolongé l'angle θ continue à croître au-delà de la valeur α, le point M passe d'un arc de la branche d'hyperbole primitive à l'arc de la seconde branche de la même hyperbole ayant même asymptote; le mouvement prolongé est nécessairement répulsif. Si, au contraire, le point θ tourne autour du point α d'un angle multiple pair de π, $2N\pi (N \neq 0)$, et que dans le mouvement prolongé l'angle θ reprenne en sens inverse les valeurs inférieures à α, le point M décrit à nouveau, en sens inverse, la branche d'hyperbole primitive. Dans les deux sortes de mouvements prolongés, le point t décrit dans son plan une droite parallèle (¹) à l'axe réel, d'ordonnée $\frac{(2N+1)\pi}{n}$ ou $\frac{2N\pi}{n}$.

Il existe donc *une infinité de prolongements analytiques du mouvement hyperbolique de deux corps, où les coordonnées cartésiennes ont des valeurs réelles, mais où le temps a des valeurs imaginaires.*

Quand le point M sur sa nouvelle trajectoire s'éloigne indéfiniment le long de la seconde asymptote, le mouvement peut encore être prolongé par un mouvement ayant lieu sur l'une ou l'autre branche d'hyperbole. Et ainsi de suite. On peut se donner arbitrairement une suite, périodique ou non périodique, de nombres entiers positifs pour représenter les nombres de fois que, successivement et alternativement, le point M parcourt l'une et l'autre branche d'hyperbole. Dans tous les cas, il n'est pas question de stabilité à la Poisson. Le circuit décrit par le point t dans son plan, composé de l'axe réel et d'une infinité de droites parallèles à cet axe, peut aussi être périodique.

Dans le problème des trois corps, les trajectoires non exceptionnelles (les seules de la stabilité desquelles on puisse tirer des conséquences pratiques) *ou bien possèdent la stabilité à la Poisson sans être prolongées analytiquement au-delà de la valeur infinie du temps, ou bien ne sont pas susceptibles d'être prolongées par des trajectoires réelles* (²). J'ai distingué plusieurs sortes de mouvements (³) quand le temps croît indéfiniment.

(¹) Si les coordonnées cartésiennes et leurs dérivées par rapport au temps sont réelles, la différentielle dt est réelle, et le temps t varie nécessairement dans le plan complexe sur une parallèle à l'axe réel, sinon sur l'axe réel. Dans n'importe quel mouvement on peut ajouter au temps une constante quelconque, réelle ou imaginaire, sans changer autre chose que l'origine ou la notation du temps, mais ici le temps suivi dans le prolongement analytique ne peut être réel à la fois dans le mouvement primitif et dans le mouvement prolongé.

(²) En définitive ce résultat, négatif à un certain point de vue, est dû à la nature du point singulier $t = \infty$ des coordonnées cartésiennes avec la loi de Newton.

(³) *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 1560.

Si le mouvement est hyperbolique, si les trois distances mutuelles sont par rapport au temps des infiniment grands d'ordre 1, ces trois distances et les neuf coordonnées cartésiennes admettent des développements de même forme que le rayon vecteur dans le mouvement hyperbolique des deux corps. Pour qu'un prolongement du mouvement où les neuf coordonnées aient des valeurs réelles soit possible, il faut d'abord que les neuf coefficients des termes en $\log t$ soient proportionnels aux neuf coefficients des termes en t : d'où il résulte que la configuration-limite du triangle des trois corps quand le temps croît indéfiniment ne peut être quelconque, mais est l'une des deux figures d'équilibre relatif données par Euler et Lagrange. Or les conditions initiales engendrant un tel mouvement dépendent d'un nombre de paramètres inférieurs à 12.

Si les distances de la masse m_3 aux masses m_1 et m_2 sont des infiniment grands d'ordre 1, et que la distance des deux masses m_1 et m_2 soit bornée, en général douze éléments osculateurs choisis convenablement tendent vers des limites : c'est l'exemple choisi par Poincaré. Mais alors le mouvement n'admet aucun prolongement où les trajectoires soient réelles, et cela que le temps reçoive des valeurs réelles ou imaginaires. Il est clair d'ailleurs que ces deux premières sortes de trajectoires ne peuvent posséder non plus la stabilité à la Poisson sans être prolongées au-delà de la valeur infinie du temps.

Quand la constante des forces vives est négative, peuvent exister et dépendre de douze paramètres les trajectoires où les trois corps restent à distance finie, et les trajectoires où tantôt les trois corps sont voisins, tantôt l'un des corps est infiniment éloigné des deux autres : d'après les travaux de Poincaré, sauf des trajectoires exceptionnelles, ces deux dernières sortes de trajectoires possèdent la stabilité à la Poisson sans être prolongées analytiquement au-delà de la valeur infinie du temps.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le premier trimestre de* 1921. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Le nombre des jours d'observation dans ce trimestre (¹) est de 77, et les principaux faits qu'on en déduit se résument ainsi :

Taches. — On a enregistré quatre groupes en plus dans ce trimestre que dans le

(¹) Avec l'aide de Mlle Gauthier.

précédent, soit 38 au lieu de 34; mais l'aire totale tachée a diminué d'un sixième, avec 2731 millionièmes au lieu de 3276 [1].

Dans leur répartition par hémisphère, on note 7 groupes en plus au sud (25 au lieu de 18), et 3 groupes en moins au nord (13 au lieu de 16).

La latitude moyenne de l'ensemble continue à se rapprocher de l'équateur, passant de $-11°,4$ à $-10°,8$, d'une part, et de $+11°,6$ à $+9°,8$, d'autre part.

Enfin, on remarque qu'il y a eu 4 jours sans taches au mois de mars, d'où résulte un nombre proportionnel de 0,05 pour ce trimestre.

Régions d'activité. — Le nombre des groupes de facules a beaucoup augmenté, et cette augmentation s'est présentée presque entièrement dans l'hémisphère austral, entre 0° et — 20°, puis dans les latitudes supérieures à — 40° où la production de ces phénomènes s'est montrée d'une manière inusitée.

Les changements survenus sont, effectivement, de 57 groupes en plus au sud de l'équateur, avec 99 au lieu de 42, et 3 groupes, en plus également, au nord avec 47 au lieu de 44.

Au total, on a noté 146 groupes et une surface totale de 104,3 millièmes, au lieu de 86 groupes et 97,4 millièmes.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Janvier 1921. — 0,00.			
4	1	3,0		+11	5
31- 9	10	5,7	— 7		107
11-15	5	10,0	—14		478
11-15	5	14,0		+ 7	33
8-20	12	15,0	—10		263
12-22	10	18,0		+ 4	144
20-22	3	18,3	— 7		30
24	1	22,6		+ 8	5
19-29	9	25,9	—11		44
24- 2	5	30,0		+12	5
	27 j.		— 9°,8	+ 8°,4	
		Février. — 0,00.			
28	1	2,1	—12		14
3	1	5,1	— 9		7
30-12	6	5,8	—15		141
11-12	2	5,9		+11	34
1- 3	3	6,4		+ 7	10
11	1	7,9	—10		5
11-15	5	11,1	—10		31
12-13	2	12,2	—13		6
12-18	7	17,1	—10		23
13-24	12	18,5	— 7		241
		Février (suite).			
17-26	6	21,2	—10		47
24	1	23,2	— 4		2
26	1	28,8	— 8		3
	21 j.		— 9°,8	+ 9°,0	
		Mars. — 0,14			
26- 3	3	3,4	—10		5
27- 3	4	5,3	—15		19
27- 3	5	4,8		+12	60
10-14	4	12,8	— 5		6
8-17	10	13,7		+ 5	100
17-18	2	14,7		+17	25
10-17	8	16,8	— 7		35
21-22	2	17,1		+14	86
12-20	8	18,6	—12		96
16-20	3	19,3	—13		3
20	1	23,1	—27		1
30-31	2	26,2	—16		17
21- 2	12	27,3		+10	381
22-29	7	28,2		+ 9	55
25- 4	10	30,2	— 8		184
	29 j.		—12°,6	+11°,2	

[1] Voir *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 370.

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1921	Sud. 90°-40°	40°-30°	30°-20°	20°-10°	10°-0°	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-40°	40°-90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Janvier......	»	»	»	2	3	5	5	3	2	»	»	»	10	1114
Février......	»	»	»	3	8	11	2	1	1	»	»	»	13	564
Mars........	»	»	1	4	4	9	6	3	3	»	»	»	15	1053
Totaux....	»	»	1	9	15	25	13	7	6	»	»	»	38	2731

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1921.	Sud. 90°-40°	40°-30°	30°-20°	20°-10°	10°-0°	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-40°	40°-90°	Totaux mensuels	Surfaces totales réduites
Janvier......	»	»	4	10	7	21	16	7	7	2	»	»	37	33,4
Février.....	7	3	3	11	10	34	10	2	6	1	1	»	44	30,3
Mars........	17	1	6	11	9	44	21	9	9	1	1	1	65	40,6
Totaux....	24	4	13	32	26	99	47	18	22	4	2	1	146	104,3

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le champ statique de gravitation dans l'espace vide.* Note (¹) de M. K. OGURA, transmise par M. Émile Borel.

Soit

$$ds^2 = f^2\,dt^2 - d\sigma^2 = f^2\,dt^2 - H_1^2\,dx_1^2 - H_2^2\,dx_2^2 - H_3^2\,dx_3^2$$

l'expression de l'intervalle élémentaire d'un champ statique dans un espace vide. Les fonctions f, H_1, H_2 et H_3 ne dépendent pas de t, et les tenseurs de Riemann-Christoffel contractés P_{11}, P_{12}, ... de la forme ternaire $d\sigma^2$ deviennent

$$-P_{ii} = H_i\left(\frac{Q_j}{H_k} + \frac{Q_k}{H_j}\right) \qquad \left(\begin{matrix} i, j, k = 1, 2, 3 \\ i \neq j \neq k \end{matrix}\right),$$

$$-P_{ij} = \frac{1}{H_k}\left(\frac{\partial^2 H_k}{\partial x_i\,\partial x_j} - \frac{1}{H_i}\frac{\partial H_i}{\partial x_j}\frac{\partial H_k}{\partial x_i} - \frac{1}{H_j}\frac{\partial H_j}{\partial x_i}\frac{\partial H_k}{\partial x_j}\right),$$

où

$$Q_i = \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\frac{1}{H_j}\frac{\partial H_k}{\partial x_j}\right) + \frac{\partial}{\partial x_k}\left(\frac{1}{H_k}\frac{\partial H_j}{\partial x_k}\right) + \frac{1}{H_i^2}\frac{\partial H_j}{\partial x_i}\frac{\partial H_k}{\partial x_i}.$$

Je me borne dans cette Note à considérer *le cas où*

(I) $$P_{23} = 0, \qquad P_{31} = 0, \qquad P_{12} = 0.$$

(¹) Séance du 12 septembre 1921.

D'après la loi de gravitation de M. Einstein nous avons

$$(1)\qquad \frac{\partial}{\partial x_1}\left(\frac{H_2H_3}{H_1}\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)+\frac{\partial}{\partial x_2}\left(\frac{H_3H_1}{H_2}\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)+\frac{\partial}{\partial x_3}\left(\frac{H_1H_2}{H_3}\frac{\partial f}{\partial x_3}\right)=0,$$

$$(2)\qquad \frac{\partial^2 f}{\partial x_i^2}=\frac{1}{H_i}\frac{\partial H_i}{\partial x_i}\frac{\partial f}{\partial x_i}-\frac{H_i}{H_j^2}\frac{\partial H_i}{\partial x_j}\frac{\partial f}{\partial x_j}-\frac{H_i}{H_k^2}\frac{\partial H_i}{\partial x_k}\frac{\partial f}{\partial x_k}+fP_{ii},$$

$$(3)\qquad \frac{\partial^2 f}{\partial x_i\,\partial x_j}=\frac{1}{H_i}\frac{\partial H_i}{\partial x_j}\frac{\partial f}{\partial x_i}+\frac{1}{H_j}\frac{\partial H_j}{\partial x_i}\frac{\partial f}{\partial x_j}.$$

Des équations (1) et (2) nous déduisons

$$(\text{II})\qquad \frac{P_{11}}{H_1^2}+\frac{P_{22}}{H_2^2}+\frac{P_{33}}{H_3^2}=0\qquad (\text{ou } H_1Q_1+H_2Q_2+H_3Q_3=0),$$

c'est la première condition nécessaire pour l'existence de la fonction f, exprimant que la courbure de l'espace est nulle [1].

Si nous écrivons les conditions d'intégrabilité des systèmes (2) et (3), nous obtenons six équations de la forme

$$(4)\qquad L_{ji}\frac{\partial f}{\partial x_i}-M_{ji}f=0\qquad \left(\begin{matrix} i, j=1, 2, 3\\ i\neq j\end{matrix}\right),$$

où

$$L_{ji}=2\frac{Q_j}{H_i}+\frac{Q_i}{H_j}\qquad ([2]),$$

$$M_{ji}=\frac{1}{H_k}\frac{\partial P_{kk}}{\partial x_i}+\frac{P_{jj}}{H_j^2}\frac{\partial H_k}{\partial x_i}\qquad \left(\begin{matrix} i, j, k=1, 2, 3\\ i\neq j\neq k\end{matrix}\right).$$

Nous avons donc *la deuxième condition nécessaire :*

$$(\text{III})\qquad \frac{M_{21}}{L_{21}}=\frac{M_{31}}{L_{31}}(=A_1),\qquad \frac{M_{12}}{L_{12}}=\frac{M_{32}}{L_{32}}(=A_2),\qquad \frac{M_{23}}{L_{23}}=\frac{M_{13}}{L_{13}}(=A_3);$$

---

(1) En conséquence de cette condition, l'espace vide ayant l'élément linéaire

$$d\sigma^2=E(x_1, x_2)\,dx_1^2+G(x_1, x_2)\,dx_2^2+dx_3^2$$

est euclidien. Et il n'existe ni espace sphérique vide

$$d\sigma^2=dx_1^2+\cos^2x_1\,dx_2^2+\cos^2x_1\cos^2x_2\,dx_3^2,$$

ni espace hyperbolique vide

$$d\sigma^2=dx_1^2+\text{ch}^2x_1\,dx_2^2+\text{ch}^2x_1\,\text{ch}^2x_2\,dx_3^2.$$

(2) En général $L_{ji}\neq L_{ij}$, $M_{ji}\neq M_{ij}$.

puis *la troisième condition nécessaire :*

$$\text{(IV)} \qquad \frac{\partial A_2}{\partial x_3} = \frac{\partial A_3}{\partial x_2}, \qquad \frac{\partial A_3}{\partial x_1} = \frac{\partial A_1}{\partial x_3}, \qquad \frac{\partial A_1}{\partial x_2} = \frac{\partial A_2}{\partial x_1}.$$

Si toutes les conditions sont satisfaites, nous trouvons

$$(5) \qquad f = c\, e^{\int A_1\, dx_1 + A_2\, dx_2 + A_3\, dx_3},$$

c étant une constante.

Par exemple, si nous prenons la forme de Schwarzschild et M. Eddington

$$d\sigma^2 = e^{\lambda(x_1)} dx_1^2 + x_1^2\, dx_2^2 + x_1^2 \sin^2 x_2\, dx_3^2,$$

la condition (I) est satisfaite, et (II) donne

$$e^{\lambda(x_1)} = \left(1 - \frac{2m}{x_1}\right)^{-1} \qquad (m \text{ étant const.}).$$

Puisque les équations (4) deviennent $\frac{\partial f}{\partial x_2} = 0$, $\frac{\partial f}{\partial x_3} = 0$, *f doit être* une fonction de la seule variable x_1. Dans ce cas, l'équation (2) (pour $i = 2$) prend la forme

$$\frac{df}{dx_1} = -\frac{1}{2} \frac{d\lambda}{dx_1},$$

d'où

$$f = c\, e^{-\frac{1}{2}\lambda} = c\left(1 - \frac{2m}{x_1}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (c \text{ étant const.}).$$

Enfin, *il faut examiner si la fonction f donnée par* (5) *satisfait aux équations* (1), (2) et (3). Par exemple, si nous prenons

$$H_1 = x_2^2 - x_3^2, \qquad H_2 = H_3 = 1,$$

toutes les conditions (I), (II), (III) et IV sont satisfaites, mais la fonction $f = c(x_2^2 - x_3^2)$ ne satisfait pas à l'équation (1).

SPECTROSCOPIE. — *Sur les combinaisons dans les spectres de bandes.* Note (¹) de M. **Erik Hulthen**, présentée par M. Deslandres.

Comme l'a indiqué Deslandres (²) et en tenant compte des additions d'Heurlinger (³) appuyées ensuite sur la théorie des quanta, la fréquence d'une raie d'un spectre de bandes peut être présentée comme la différence de deux fréquences

$$\nu = \Phi(m, n_1, \ldots, n_s) - \psi(m'_1, n'_1, \ldots, n'_s).$$

Les fonctions Φ et ψ correspondent à l'énergie de la molécule avant et après l'émission; m et m' sont les quanta de rotation; tandis que les nombres $n_1 \ldots n_s$ et respectivement $n'_1 \ldots n'_s$ dénotent les nombres des quanta attribués aux autres degrés de liberté de la molécule.

On obtient un seul système de bandes par les variations $m \rightarrow m'$, tandis que les autres passages $n_\nu \rightarrow n'_\nu$ sont les mêmes pour toutes les lignes du même système. En passant à une autre variation $n_r \rightarrow n'_r$, on obtient un nouveau système du spectre de la molécule.

Conformément à une règle générale de Bohr, les variations $m \rightarrow m'$ sont limitées par les conditions

$$m' = m \pm 1 \quad \text{ou} \quad m' = m.$$

D'après cette règle un système de bandes peut être représenté simplement par les formules suivantes (⁴) :

$$(1) \qquad \begin{cases} P(m) = F(m) - f(m+1), \\ Q(m) = F(m) - f(m), \\ R(m) = F(m) - f(m-1), \end{cases}$$

qui correspondent aux séries du système. Très souvent l'une de ces séries, la série Q, n'est pas visible (c'est, par exemple, le cas avec les spectres donnés par la formule de Deslandres).

(¹) Séance du 19 septembre 1921.
(²) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 861.
(³) *Zeitschrift f. Physik*, Bd. **1**, 1920, p. 82.
(⁴) *Phys. Zeitschrift*, 20, 1919, p. 188.

De la formule (1) on peut tirer la relation suivante :

$$Q(m) - P(m) = R(m+1) - Q(m+1). \tag{2}$$

Cette relation de Heurlinger a été vérifiée sur les spectres de bandes de la vapeur d'eau, de l'hydrure de magnésium, etc. Elle semble juste seulement aux environs de l'origine ($m = 0$) du système, tandis que l'on trouve des différences croissantes pour des valeurs de m plus grandes. Or, le schéma (1) représente ces spectres approximativement. Par contre, le spectre compliqué du carbure d'hydrogène à λ 4300, formé de deux systèmes PQR, est parfaitement en concordance avec la relation (2) (¹). Tout ce spectre, qui se compose de 24 séries, peut se présenter sous la forme

$$\left\{\begin{aligned} P_{ij}^{(k)}(m) &= F_{ij}(m) - f^{(k)}(m+1) \\ Q_{ij}^{(k)}(m) &= F_{ij}(m) - f^{(k)}(m) \\ R_{ij}^{(k)}(m) &= F_{ij}(m) - f^{(k)}(m-1) \end{aligned}\right. \qquad (i, j, k = 1, 2). \tag{3}$$

Ici, $k = 1$ donne le système le plus intense ; le système $k = 2$ a une faible intensité et, pour cette raison, n'est pas bien connu.

II. Les spectres attribués au zinc, au cadmium et au mercure forment une nouvelle classe de spectres de bandes. Ils ont un grand intérêt à cause de leur structure commune et des relations nombreuses que l'on peut y reconnaître.

Le Tableau I, ajouté plus loin, représente les fréquences, réduites au vide, des bandes du zinc λ 4297, d'après les mesures de l'auteur. Trois autres Tableaux qui présentent la seconde bande λ 4236 du zinc, mesurée, aussi par l'auteur, et les bandes λ 4213 et λ 4010 du mercure, mesurées par Liuse (²) puis rangées dans un certain ordre par l'auteur, n'ont pu être publiées ici, à cause du manque de place. Je n'ai que superficiellement examiné le cadmium, mais on peut déjà conclure que son spectre est conforme à ceux des deux autres éléments.

Si l'on arrange les spectres de cette manière (voir les Tableaux), on voit que les relations suivantes existent :

$$\begin{aligned} &(4) \quad R_1^{(k)}(m) - R_3^{(k)}(m) = P_3^{(k)} - P_1^{(k)}(m) \\ &(5) \quad R_2^{(k)}(m+1) - R_3^{(k)}(m+1) = P_3^{(k)}(m-1) - P_2^{(k)}(m-1) \end{aligned} \qquad (k = 1, 2).$$

En général, ces relations semblent justes dans les limites des erreurs.

(¹) *Zeitschrift f. wiss. Photographie*, **18**, 1919, p. 241.

(²) *Zeitschrift f. wiss. Photographie*, **11**, 1912.

Seulement pour la bande du zinc 4236, on trouve des écarts assez grands dans la relation (5), mais l'arrangement des séries P_2 et R_2^{γ} est un peu incertain.

Plus frappant encore est le fait que les différences (4) sont les mêmes pour les deux systèmes du mercure (4213, 4010). Par conséquent, elles peuvent être représentées par le schéma suivant :

$$P_1^{(k)}(m) = F_2(m) - f_1^{(k)}(m+1), \qquad R_1^{(k)}(m) = F_1(m) - f_1^{(k)}(m-1),$$
$$P_2^{(k)}(m) = F_1(m) - f_2^{(k)}(m+1), \qquad R_2^{(k)}(m) = F_2(m) - f_1^{(k)}(m-1),$$
$$P_3^{(k)}(m) = F_1(m) - f_1^{(k)}(m+1), \qquad R_3^{(k)}(m) = F_2(m) - f_2^{(k)}(m-1).$$

Ici, comme dans la relation (3), l'index k se rapporte aux deux systèmes différents (λ 4010, $k=1$; λ 4213, $k=2$).

Pour vérifier ce schéma, j'ai commencé des recherches sur les bandes nombreuses de mercure situées entre 2200 u. å. et 8000 u. å.

TABLEAU I. — *Zinc* $\lambda = 4297$ u. å.

m.	R_1.	$R_1 - R_3$.	R_2.	$R_2 - R_3$.	R_3.	P_3.	$P_3 - P_2$.	P_2.	$P_3 - P_1$.	P_1.
1	23289,9	21,0	23268,9	»	23268,9	23250,5	0,0	23250,5	21,6	23228,9
2	312,2	34,9	77,3	»	77,3	47,4	0,7	46,7	35,0	12,4
3	35,8	49,0	87,5	0,7	86,8	45,2	1,0	44,2	49,0	196,2
4	60,5	62,9	98,5	0,9	97,6	44,2	1,4	42,8	62,9	81,3
5	86,4	76,8	310,7	1,1	309,6	44,2	1,4	42,8	76,6	67,6
6	413,5	90,7	24,2	1,4	22,8	46,0	1,8	44,2	90,7	55,3
7	41,8	104,6	38,9	1,7	37,2	48,9	2,2	46,7	104,6	44,3
8	71,3	118,4	54,7	1,9	52,8	53,1	2,2	50,9	118,3	34,8
9	501,9	132,2	71,9	2,1	69,8	58,8	2,6	56,2	132,1	26,7
10	33,8	145,8	90,4	2,4	88,0	65,8	2,7	63,1	145,7	20,1
11	66,9	159,5	410,0	2,6	407,4	74,3	3,0	71,3	159,4	14,9
12	601,3	173,1	31,0	2,8	28,2	84,3	3,2	81,1	172,8	11,5
13	36,8	186,4	53,4	3,0	50,4	95,8	3,4	92,4	186,3	09,4
14	73,7	199,8	77,0	3,2	73,8	308,9	3,6	305,3	199,5	09,4
15	711,7	212,9	501,9	3,1	98,8	23,6	3,9	19,7	213,0	10,6
16	51,3	526,4	28,6	3,7	524,9	39,8	4,0	35,8	226,0	13,8
17	92,2	239,5	56,5	3,8	52,7	57,7	4,1	53,6	238,9	18,8
18	833,8	252,0	85,9	4,1	81,8	77,3	4,3	73,0	251,8	25,5
19	77,1	264,6	»	»	612,5	98,7	4,5	94,2	264,5	34,2
20	922,0	277,5	»	»	44,5	421,8	4,6	417,2	276,9	44,9
21	»	»	»	»	78,4	46,8	5,0	41,8	289,3	57.5
22	»	»	»	»	713,7	»	»	»	»	»
23	»	»	»	»	50,6	»	»	»	»	»

Les nombres des colonnes marquées $R_1 - R_2$ et $P_3 - P_1$ sont sensiblement égaux.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur les spectres corpusculaires des éléments.* Note de MM. **Maurice** et **Louis de Broglie**, présentée par M. Paul Janet.

Depuis une dernière Note (¹) de l'un de nous, un travail important de M. Ellis (²) a été publié; il apporte des résultats qui, dans le domaine des rayons γ du radium B, confirment les lois énoncées au sujet des spectres corpusculaires excités dans les éléments par les rayons X. M. Ellis trouve que les spectres magnétiques de rayons β secondaires excités dans quelques métaux lourds par les rayons γ correspondent à un travail d'expulsion des électrons à partir des niveaux K et L de ces atomes.

Nous pouvons également citer un certain nombre de résultats concernant l'excitation corpusculaire des métaux lourds par les rayons X et mettant en évidence des niveaux L, M et N.

Une préparation d'uranium éclairée par les rayons d'un tube à anticathode de tungstène fournit une nombreuse série de bandes qui correspondent à des corpuscules venant de ces niveaux. Le nombre élevé de ces flots d'électrons se traduit dans le spectre par des cannelures d'un aspect frappant, mais parfois assez difficiles à distinguer entre elles à cause de leur complexité même. Les bandes les plus intenses paraissent correspondre aux niveaux L_2 ou L_3 bien connus, ainsi qu'à certains niveaux M.

Le thorium, le plomb donnent, dans les mêmes conditions, des spectres analogues.

Pour opérer dans des conditions plus simples, nous avons employé un radiateur contenant du baryum en l'éclairant par un tube à anticathode de rhodium; de cette façon, le niveau K du baryum n'intervient pas. Comme d'habitude, les rayons simples et peu pénétrants du rhodium donnent un spectre corpusculaire composé de raies assez étroites et dépourvu de fond continu; on y distingue deux niveaux L d'intensités à peu près égales et au moins deux niveaux M. Les spectres corpusculaires apportent certainement un moyen puissant d'investigation pour l'étude des niveaux de la périphérie de l'atome; ils fournissent des renseignements qu'il sera très intéressant de comparer avec les indications sur ces mêmes niveaux tirées des spectres de rayons X.

(¹) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 806.
(²) *Proc. of the R. S. A.*, vol. 99, p. 261.

Lorsque l'on étudie les spectres d'absorption des rayons X les discontinuités correspondant aux niveaux d'énergie se traduisent par des variations brusques du coefficient d'absorption et les différentes valeurs de ces sauts d'absorption permettent de parler de discontinuités fortes, moyennes, faibles, etc. Dans les spectres corpusculaires, on enregistre des flots d'électrons venant de différents niveaux et qui forment des lignes sur la plaque photographique, ces lignes peuvent être d'intensités très différentes; la question se pose alors de savoir comment l'intensité d'un flot d'électrons se relie à l'intensité du saut d'absorption correspondant aux niveaux dont il provient ainsi qu'à la fréquence de la radiation excitatrice.

Par exemple, une radiation excitatrice ν excite des flots d'électrons correspondant à des énergies $h(\nu-\nu_k)$ pour les électrons K $h(\nu-\nu_{L_1})$, $h(\nu-\nu_{L_2})$, $h(\nu-\nu_{L_3})$, etc.

Pour obtenir des prévisions numériques pouvant être comparées avec l'expérience, il suffit d'admettre les deux hypothèses suivantes, qui sont très simples et semblent bien vérifiées, au moins dans un certain nombre de cas.

1° Un grand nombre d'atomes d'un corps donné plongés dans un rayonnement monochromatique absorbe dans un temps donné aux dépens de ce rayonnement une quantité d'énergie proportionnelle à l'inverse du cube de la fréquence, le coefficient de cette loi en ν^{-3} variant lorsqu'on traverse une des fréquences critiques de l'absorbant.

2° L'atome ne peut absorber de l'énergie radiante que par quanta égaux à $h\nu$.

De ces deux hypothèses, on déduit nécessairement que le nombre des atomes absorbant pendant un temps donné est proportionnel à ν^{-4}. Il est alors facile de résoudre le problème suivant : « Soit un écran très mince éclairé par une radiation monochromatique de fréquence supérieure à sa fréquence critique K, il en sort un flot d'électrons K ayant chacun une énergie $h(\nu-\nu_K)$. Quelle est la valeur de la fréquence excitatrice rendant maximum, toutes choses égales d'ailleurs, l'énergie totale du flot d'électrons K ? »

C'est évidemment la fréquence qui rend maximum le produit $\nu^{-4}(\nu-\nu_K)$, soit $\nu=\frac{4}{3}\nu_K$. L'on peut résoudre de même des problèmes analogues.

Il est possible d'aller plus loin en supposant que les effets d'absorption des différentes bandes se superposent simplement; par exemple, l'absorption

dans la bande K sera égale à la somme des absorptions (suivant chacune la loi en ν^{-3}) dues aux bandes K, L, M, etc., c'est-à-dire dues à toutes les bandes dont la tête a une fréquence plus petite. Les valeurs *expérimentales* des sauts d'absorption permettraient alors, si elles étaient bien connues, de déterminer la répartition de l'énergie absorbée entre les électrons des diverses couches. Malheureusement, les sauts d'absorption sont encore assez mal déterminés. Les données actuelles sur les éléments lourds conduisent aux résultats suivants que nous indiquons sous toutes réserves.

L'énergie absorbée par un écran homogène à une radiation monochromatique située dans sa bande K se répartit ainsi : $\frac{84}{100}$ aux électrons K, $\frac{14}{100}$ aux électrons L, $\frac{2}{100}$ aux électrons M, N, etc.

La connaissance de ces quantités permet de répondre à une question telle que celle-ci : « Le flot d'électrons K expulsés par une radiation possède-t-il une énergie totale supérieure ou inférieure à celle du flot d'électrons L expulsés par la *même* radiation? » Nous n'entrerons pas dans le détail des calculs simples auxquels on est conduit par ce genre de problèmes. Nous avons voulu seulement montrer qu'il est possible d'obtenir, à l'aide d'hypothèses simples et vraisemblables, des prévisions numériques susceptibles d'aider à interpréter les phénomènes photo-électriques.

GÉOLOGIE. — *Les terrasses alluviales du Sebou en amont de Fez.* Note (¹) de M. E. **Passemard**, transmise par M. Ch. Depéret.

Les terrasses des grands oueds du Maroc sont généralement assez difficiles à suivre et même parfois à reconnaître à cause de leur démantèlement dû à de violents phénomènes d'érosion.

En remontant le *Sebou* sur 20^{km} environ en amont de Fez, j'ai pu faire les constatations suivantes :

En dessous de Fez même se voit un grand plateau alluvial qui s'étend jusqu'à la boucle du Sebou.

L'altitude de cette terrasse est de 30^{m} d'altitude relative au-dessus du niveau de l'oued en juillet. En remontant le cours du Sebou on ne distingue rien de bien net sur la rive droite, qui du reste est d'accès difficile, mais on remarque sur la rive gauche un niveau alluvial assez étendu, qui s'élève à 16^{m} au-dessus de l'oued.

(¹) Séance du 19 septembre 1921.

Mais c'est après le pont de la route de Taza que s'aperçoivent des replats bien nets. Ils s'élèvent à 30^m d'altitude relative et se répondent d'une rive à l'autre. Il est facile de les parcourir surtout sur la rive droite, grâce à la route qui les recoupe. Les alluvions s'avancent en promontoires de cette altitude, surtout sur la rive droite, et sur la rive gauche elles s'étendent sans discontinuité sur au moins 3^{km}.

Il est très difficile de discerner des surfaces horizontales plus élevées; l'érosion a tout démoli, mais il est facile de constater que des cailloux roulés libres ou formant conglomérat s'élèvent plus haut. Dans les environs de Fez même, on les retrouve jusqu'à une altitude qui dépasse 100^m.

Il paraît exister un niveau inférieur à 16^m immédiatement au-dessus de la plaine alluviale et qui ne dépasserait pas 7^m à 8^m, mais il est difficile de dire s'il est autonome ou le produit de crues torrentielles ravinant la terrasse de 16^m.

En résumé, j'ai observé dans la vallée du Sebou l'existence très nette d'une terrasse de 30^m, d'une seconde terrasse de 16^m et enfin d'un niveau plus bas à 7^m-8^m. Des terrasses plus élevées ont certainement existé, mais ne sont représentées que par des débris très démantelés.

Ces faits concordent avec ceux qui ont été notés dans l'Oum-rbia par M. Russo et dans un très grand nombre de vallées algériennes et européennes.

PHYSIOLOGIE. — *L'oléate de soude dans les phénomènes de choc.* Note de MM. **Auguste Lumière** et **Henri Couturier**, présentée par M. Roux.

Lorsqu'on injecte dans la jugulaire des cobayes sensibilisés $1^{cm^3},5$ d'une solution d'oléate de soude à 1 pour 100, on sait que ces animaux peuvent ensuite supporter, sans trouble appréciable, l'injection d'antigène mortelle pour les témoins ([1]).

Cette action protectrice a été attribuée à la propriété que possède l'oléate de soude de diminuer la tension superficielle des liquides auxquels il est ajouté. Nos expériences relatives au mécanisme du déclenchement des crises anaphylactiques ne s'accordant pas avec cette explication, nous avons

---

([1]) W. Kopaczewski et A. Vahram, *La suppression du choc anaphylactique* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 250).

cherché à analyser ce phénomène de protection en instituant les essais suivants :

Nous avons tout d'abord étudié l'action propre de l'oléate de soude sur les sujets normaux. Si la dose injectée dans la jugulaire est progressivement augmentée, on voit apparaître des accidents anaphylactoïdes de plus en plus intenses et les animaux meurent infailliblement à la suite de l'administration de 2^{cm^3} de solution d'oléate à 2 pour 100.

Quand on emprunte la voie artérielle (carotide ou cœur gauche), les doses nécessaires pour déclencher les troubles ou pour déterminer la mort sont beaucoup plus faibles.

Avec une concentration voisine de $\frac{1}{1000}$, l'injection de 1^{cm^3} est à peine terminée que le cobaye prend des convulsions, tombe inanimé et meurt en moins de 1 minute.

Si l'on injecte seulement $0^{cm^3},5$ de solution au millième, les accidents qui surgissent sont comparables à ceux qu'on observe dans les chocs anaphylactoïdes, sans que la mort soit la règle, dans ce cas.

Les doses plus faibles déterminent des troubles variables, mais rappelant toujours les modalités des crises anaphylactiques.

Il est vraisemblable de supposer que l'oléate de soude donne, avec les composés calciques du sang ou avec certaines matières albuminoïdes, un floculat, d'ailleurs directement décelable, qui déchaîne les symptômes du choc, au même titre que le précipité barytique [1] chez les animaux normaux ou l'injection seconde d'antigène chez les animaux anaphylactisés.

L'oléate de soude, qui est l'une des substances les plus indiquées pour abaisser la tension superficielle, provoque donc par lui-même les phénomènes de choc.

Lorsqu'on mélange la solution d'oléate de soude à l'injection déchaînante d'antigène ou de sulfate de baryte, *le choc est aggravé;* il devrait être, au contraire, atténué si l'abaissement de tension superficielle entrait en ligne de compte.

L'hyposulfite de soude supprime le choc oléique comme les autres chocs et la ligature des carotides le retarde et l'atténue considérablement.

Pour que la propriété immunisante de l'oléate de soude se manifeste, il faut donc que le produit soit donné à dose suffisamment faible et un certain

---

[1] Aug. Lumière et H. Couturier, *Sur la nature du choc anaphylactique* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 294).

temps avant l'injection déchaînante; il préserve alors du choc anaphylactique vrai, du choc barytique et des autres chocs anaphylactoïdes; il agit à la manière des injections subintrantes, préconisées par Besredka, en accoutumant l'endothélium des vaisseaux cérébraux aux irritations par les précipités.

Inversement, si, avec des précautions convenables, on introduit dans la circulation des corps inertes tels que le sulfate de baryte floculé ou si l'on vaccine, par la méthode de Besredka, les animaux anaphylactisés, on peut ensuite impunément leur administrer plusieurs doses mortelles d'oléate de soude.

Tous les produits floculés ou floculants peuvent à volonté se substituer les uns aux autres pour réaliser la protection contre les injections déchaînantes mortelles de l'un quelconque d'entre eux.

L'étude de ce cas particulier vient donc une fois de plus confirmer la théorie que nous avons formulée pour expliquer les phénomènes de choc.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 OCTOBRE 1921.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **ÉMILE PICARD** annonce à l'Académie que la Sixième Conférence générale des Poids et Mesures, en ce moment réunie à Paris, a tenu sa première séance le 27 septembre dernier au Ministère des Affaires étrangères, en présence de M. le Ministre du Commerce.

Le discours qu'il a prononcé à cette occasion fera connaître quelques-unes des questions soumises à cette importante réunion internationale :

MONSIEUR LE MINISTRE, MESSIEURS,

En souvenir de la création du Système métrique par les savants français de la fin du XVIIIe siècle, la Convention internationale des Poids et Mesures de 1875 a décidé que la Conférence générale des Poids et Mesures se tiendrait à Paris, tous les six ans au moins, sous la présidence du Président en exercice de l'Académie des Sciences ou de son représentant. C'est un honneur dont l'Académie sent tout le prix; à défaut de son Président retenu loin de Paris, elle a chargé son Secrétaire perpétuel pour les sciences mathématiques de diriger, cette année, les travaux de la Conférence. La dernière réunion de cette Assemblée a eu lieu en 1913, mais les événements qui viennent de changer la face du monde n'avaient pas permis de vous convoquer plus tôt. Les traités de paix n'ayant pas modifié le fonctionnement de l'œuvre, à la fois économique et scientifique, que poursuit le Comité international des Poids et Mesures, et le Bureau de Sèvres ayant à peu près repris son activité coutumière, il a paru que la Conférence générale pouvait être utilement réunie. Aussi ai-je l'honneur, au nom de l'Académie des Sciences de Paris, de souhaiter la bienvenue aux délégués des nations

adhérentes à la Convention internationale du Mètre, parmi lesquels j'ai plaisir à saluer les représentants de deux nouveaux pays adhérents : le Brésil et la Finlande.

Permettez-moi également de m'associer aux regrets qui viennent d'être exprimés, et que nous cause la perte des collègues disparus depuis la dernière session. Je tiens aussi à dire à M. Benoist, qui a demandé en 1914 à être déchargé de ses fonctions de Directeur, que son nom reste à jamais inscrit dans l'histoire du Bureau international des Poids et Mesures, et que nos très vives sympathies suivent dans sa retraite l'éminent initiateur de tant de travaux entrepris dans la maison de Sèvres, dont il reste le Directeur honoraire.

Messieurs, la science est une arme puissante, indifférente au mal comme au bien, on ne l'a que trop vu pendant quelques années. Notre vœu le plus cher, à nous tous qui sommes ici réunis, est que, rendue à ses fins bienfaisantes, elle ne cesse plus d'être cet outil de merveilleux service, dont parlait déjà notre vieux Montaigne, qui contribue à l'amélioration des conditions de la vie et fournit un des signes les moins contestables des progrès de l'humanité, tout en restant la grande parure dont l'idéal reflète la curiosité passionnée et désintéressée qui est l'honneur de l'esprit humain.

Dans maintes recherches scientifiques, l'âge héroïque est passé, où avec un matériel très simple on pouvait faire de grandes découvertes. Quoique tout reste possible aux hommes de génie qui, de loin en loin, ouvrent des voies nouvelles avec des moyens de fortune, le progrès scientifique résulte le plus souvent aujourd'hui de longs et patients efforts, qu'il s'agisse de laborieux calculs, ou de minutieuses observations et expériences. L'astronome trouve à peine suffisant le centième de seconde, et des mesures sur des quantités infiniment petites lui sont nécessaires pour évaluer l'infiniment grand; le physicien apporte une extrême précision dans la recherche des densités et trouve des gaz nouveaux dans l'atmosphère; le chimiste modifie nos idées sur les éléments avec les nombreuses décimales des masses atomiques et les corps isotopes.

Nous ne croyons plus guère au dogme de la simplicité des lois de la nature, qui enchantait nos prédécesseurs et qui a rendu tant de services aux sciences naissantes, tout en l'utilisant cependant encore de façon plus ou moins consciente. Nous accumulons approximations sur approximations, mais un des articles de notre foi scientifique est que ces approximations successives sont convergentes, comme disent les mathématiciens, et que nous approchons sans cesse d'un petit nombre de vérités toujours plus compré-

hensives, synthèses des nombreuses vérités partielles peu à peu découvertes. C'est peut-être une chimère, mais elle soutient des générations de chercheurs dans leur labeur jamais terminé.

Où trouverait-on un plus bel exemple de la patience inlassable du savant que parmi les métrologistes, en lutte tous les jours avec une matière en apparence inerte mais se transformant cependant comme un être vivant? Au milieu de l'universelle mobilité, les métrologistes veulent réaliser des étalons permanents. Je suppose qu'ils ne doivent guère être partisans de la théorie de la relativité, ni aimer à entendre dire que les dimensions de leurs règles changent avec l'orientation et que la longueur d'onde elle-même ne représente peut-être pas l'élément fixe sur lequel ils comptaient. Ces variations, si tant est qu'elles soient réelles, sont heureusement en dehors de nos mesures, et les préoccupations que peut avoir le Bureau international tiennent à d'autres causes. Je lis, par exemple, dans un des rapports qui vous ont été envoyés, que les étalons d'usage du Bureau ont subi par rapport au prototype international et à certains prototypes nationaux un allongement d'environ quatre dixièmes de micron; on a suggéré que cette variation s'est peut-être produite progressivement et qu'elle provient d'une usure dissymétrique des traits, due aux nettoyages fréquents. Quoi qu'il en soit, des causes nombreuses, dont plusieurs sont sans doute bien difficiles à déterminer, peuvent ainsi modifier étalons et prototypes, et des comparaisons fréquentes et variées sont nécessaires, d'autant que l'on a parfois, comme pour l'unité de masse, la prétention d'aller jusqu'au cent-millionième.

Ce contrôle incessant est la partie essentielle du travail que le Bureau international effectue sous la direction de M. Guillaume, l'éminent physicien, qui vient de couronner ses célèbres recherches sur les alliages par la découverte d'une nouvelle combinaison métallique, *l'élinvar*, précieuse pour l'horlogerie, dont le module d'élasticité est à peu près indépendant de la température.

L'étude des étalons à bout si utiles pour l'industrie, qui touche à des questions délicates d'élasticité, a été dans ces dernières années continuée à Sèvres avec grand succès. On sait aussi l'intérêt que présentent les recherches sur les matières propres à la construction des étalons; les travaux du Bureau sur ce sujet ont conduit également à des résultats remarquables. Nous pouvons donc féliciter ceux qui collaborent à l'œuvre du Pavillon de Breteuil de l'activité dépensée dans des circonstances difficiles et des importants travaux qu'ils ont réussi à mener à bien. A lire

les publications du Bureau, on pourrait croire que le nombre des travailleurs y est beaucoup plus considérable; l'ardeur du Chef se communique à ceux qui sont autour de lui.

Messieurs, la session de la Conférence qui s'ouvre aujourd'hui a un programme chargé et important. Jusqu'ici, comme vous le savez, l'activité du Bureau se rapporte officiellement aux seules grandeurs inscrites en 1875 dans les lois relatives aux unités, celle de longueur et celle de masse. Depuis lors, les lois sur les unités ont été, dans certains pays, quelque peu élargies, de nouvelles applications de la science réclamant des unités spéciales; ainsi une loi française récente, relative au système M. T. S., définit, outre les unités de longueur, de masse et de temps, les unités de résistance électrique et d'intensité lumineuse, considérées comme unités principales. Aussi la question a-t-elle été depuis longtemps soulevée d'étendre officiellement les attributions du Bureau à l'établissement et à la conservation des étalons se rapportant à des unités intéressant les divers domaines qui exigent des mesures précises, ainsi qu'à la recherche de certaines constantes physiques.

Il semble, en premier lieu, que l'importance de l'électricité dans l'industrie mondiale soit assez grande aujourd'hui pour que ses mesures aient, comme les longueurs et les masses, un Bureau central; on jugera, sans doute, que l'idée d'avoir deux organes distincts ne serait pas heureuse à une époque où les diverses parties de la science deviennent de plus en plus solidaires, et que le Bureau de Sèvres doit être chargé de cette fonction convenablement délimitée. Quant à la détermination des constantes physiques, elle a été de tout temps dans les attributions du Bureau; il suffit de citer les dilatations de l'eau, du mercure, du quartz et d'autres cristaux, des métaux et alliages, les recherches de densités, du volume du kilogramme d'eau et enfin les longueurs d'ondes lumineuses qui sont devenues le véritable micromètre de haute précision. C'est qu'en effet les problèmes de métrologie sont extrêmement complexes. Pour comparer des longueurs et des masses, il faut, en dehors de l'opération, ramener les résultats à des conditions normales, et ceci exige la connaissance de constantes numériques, exprimant des propriétés de la matière, qui doivent être obtenues avec une précision correspondant à celle de la comparaison elle-même. Et, comme cette précision s'accroît d'année en année, il faut, de temps à autre, faire une nouvelle détermination des constantes; on peut ainsi gagner, à ce qu'assurent les métrologistes les plus autorisés, une décimale environ tous les cinquante ans. La détermination des constantes physiques a donc joué un grand rôle dans l'activité du Bureau depuis sa fondation. C'est

pourquoi il importe que ce rôle soit indiqué d'une manière explicite dans la Convention. Tout à la fois, on sanctionnera ainsi le passé, et l'on préparera les voies de l'avenir.

Les questions de budget sont particulièrement difficiles en ce moment. Comme tant d'autres, le budget du Bureau international des Poids et Mesures ne peut être établi aujourd'hui dans les conditions antérieures, en supposant même que rien ne soit changé dans son fonctionnement. En fixant les augmentations nécessaires, vous aurez de plus à rechercher, au moins provisoirement, la part due à l'extension des attributions du Bureau, si celle-ci est décidée. Les transformations projetées demanderont beaucoup de prudence, mais nous pouvons compter sur la sagesse et l'esprit de réalisation du Comité international dont la gestion a toujours été si heureuse.

Une question se posera, quant au nombre des membres du Comité, qui était jusqu'ici de quatorze. Le nombre des États adhérents, primitivement de *dix-huit*, s'élevant maintenant à *vingt-huit*, on pourrait augmenter le nombre des membres du Comité, accroissement qui paraît d'autant plus nécessaire que l'extension des attributions du Bureau exigera des compétences nouvelles.

Sans parler des problèmes techniques, liés aux progrès de la métrologie qui profite de plus en plus des admirables découvertes faites chaque jour en physique, problèmes qui font partie du programme courant de vos réunions, divers règlements d'ordre financier et administratif doivent encore vous être présentés. La Conférence saura mener à bien la solution des questions très variées qui lui sont soumises, et qui sont d'une haute importance pour l'avenir de l'œuvre internationale que nous poursuivons. L'accord sera facile dans le domaine serein de la Science; c'est avec cette assurance que nous allons en toute confiance commencer nos travaux.

BOTANIQUE. — *Sur la Biologie alpestre*. Note de M. J. COSTANTIN.

Au cours d'un séjour dans les Alpes de la Vanoise, j'ai eu l'occasion de faire quelques observations relatives à la Biologie alpestre. J'ai observé notamment une forme intéressante du *Pleurotus Eryngii*, dont les échantillons [1], extrêmement nombreux, poussaient sur les pentes du petit Mont

[1] C'est notre confrère M. Hadamard, amateur très ardent des champignons et de toutes les richesses végétales, qui m'a apporté les premiers échantillons de cette belle forme nouvelle.

blanc et sur les prairies voisines et pouvaient être récoltés après le fauchage. Ce Champignon blanc n'était connu d'aucun des habitants de la région que j'ai pu interroger, bien que, par sa comestibilité très fine ainsi que par sa grande abondance, il puisse constituer une ressource alimentaire très appréciable pour la région. C'est sur l'*Eryngium alpinum*, le fameux chardon bleu, qu'il pousse; comme cette plante est la gloire florale de la Vanoise, qu'elle constitue sur ces pentes le fond de la végétation, il en résulte, puisque le Champignon est parasite sur ses souches souterraines, qu'on a là une véritable culture en grand réalisée par la nature. Rien n'est plus facile que de reconnaître cette espèce si l'on prend la précaution, au moment de la cueillette, de déterrer avec soin la base. On s'aperçoit qu'elle adhère d'une manière constante à un système souterrain d'une plante vasculaire qui a des caractères très particuliers : les restes décomposés de l'Ombellifère offrent des traces bien conservées de l'écorce, mais le cylindre central est détruit et surtout (ce qui est très caractéristique) l'ensemble est entouré des restes des faisceaux libéro-ligneux des feuilles formant un *étui de filaments ocracés* tout à fait particuliers. Ces caractères s'observent sur les Chardons bleus que l'on déracine à la base des tiges restées à l'état de squelette, mais avec une partie souterraine vivante, quelquefois très grosse et non encore envahie par le Champignon. Jamais on ne voit, sur la partie qui adhère au Champignon, de trace de feuille desséchée; l'Ombellifère est toujours tuée et décomposée depuis longtemps, certainement au moins depuis l'année précédente, quand la fructification du Cryptogame se développe. J'ai acquis la conviction que le parasite pouvait attaquer d'autres Ombellifères de la région, notamment des *Laserpitium latifolium* (1) et *siler*, qui ont un système souterrain s'effilochant d'une manière semblable à la précédente, ce qui indique des affinités avec les *Eryngium* qui se révèlent par la partie de ces plantes qui vit dans le sol, fait non signalé. Ni l'*Heracleum spondylium*, ni les autres Ombellifères de la région n'ont des caractères semblables et ne sont les hôtes du Cryptogame.

La variété alpestre ainsi observée, qui pousse entre 1450^{m} et 1750^{m} d'altitude, n'est pas la variété *Ferulæ* ou *nebrodensis* qui pousse sur le

(1) Quélet a observé dans le Jura un type fungique montagnard voisin qui a été retrouvé par M. Bataille sur le *Laserpitium latifolium* à Bougeailles, Hôpitaux neufs, environ de Pontarlier (Doubs), mais qui paraît distinct de la forme observée dans la Vanoise (notamment par l'épaisseur des feuillets) (Quélet, *Flore Mycol.*, p. 332; Bataille, *Bull. Soc. myc.*, t. 28, p. 134).

Ferula communis (Rome, Sicile, Algérie), qui est une forme méditerranéenne (¹).

La découverte de ce Champignon à de si hautes altitudes pose la question suivante: comment se fait-il que le *Pleurotus Eryngii* type ne soit considéré que comme une espèce méridionale, ne dépassant guère les bords de la Loire? En réalité, dans ces dernières années, on l'a observé dans l'Aube, à Meaux, Marcilly-sur-Seine (Marne), à Cherbourg, dans le Calvados (Courseulles-dans-les-Dunes), mais il y est en fait toujours très rare (²).

L'existence d'une variété alpestre bien caractérisée attire l'attention sur le problème, très peu étudié jusqu'ici, de l'influence du climat alpestre sur les Champignons. Au cours de mes excursions mycologiques dans la région alpine, j'ai rencontré un grand nombre d'espèces poussant *dans les forêts d'Epicea*, qui ne m'ont pas paru modifiées, même jusqu'à la limite des arbres (1700^m à 1800^m) (notamment : *Amanita rubescens*, *A. Muscaria*, *Lactarius scrobiculatus*, *Laccaria laccata*, etc.). J'ai découvert cependant une petite florule des hautes prairies alpines (2000^m à 2600^m) qui m'a paru présenter des caractères de *nanisme* très accusés. Dans des excursions au cirque du grand Marchet (2020^m) et au Refuge des Lacs (2600^m), j'ai pu observer des espèces de plaines comme le *Laccaria laccata*, *Russula fragilis*, *Psalliota campestris*, etc., qui présentaient des caractères de rabougrissement tout à fait curieux et dont toutes les fructifications, nombreuses, avaient uniformément une petite taille manifeste.

Les conditions dans lesquelles cette florule très curieuse a été observée méritent d'être rapportées. Après une grande période inusitée de chaleur et de sécheresse qui avait duré pendant le mois de juillet et le début d'août, le 13 août la température s'abaissa très fortement et une chute considérable de neige eut lieu jusqu'à 1800^m d'altitude (³). La quantité de neige tombée à 2000^m et 2600^m a été certainement de 1^m, surtout dans les cirques. Les chutes de neige se sont renouvelées les jours suivants, notamment

(¹) INZENGA, *Fung. Sicil.*, t. 1, p. 11. — LANZI, *Fungo della Ferula*, fig. 1-5. Ce dernier auteur dit « saturatius colorato ».

(²) *Bull. Soc. myc.*, t. 4, p. 64; t. 14, p. 5; t. 15, p. 33; t. 32, p. 2. *Soc. Sc. Nord-Ouest*, Fl. Ch. Aube (renseignements fournis par M. Dufour). Il pousse d'ordinaire sur l'*Eryngium campestre*. Serait-il apte, sur le littoral, à envahir l'*Eryngium maritimum?*

(³) Voici les données météorologiques observées à la station météorologique de Pralognan (1425^m) fondée par M. Favre (Joseph-Antoine), dont les observations sont

le 15 il a tombé 40cm de neige dans une région voisine (Polset). La semaine suivante le temps redevint beau et c'est le 27 août que la petite florule signalée plus haut a été observée. Elle mérite donc d'être appelée *flore nivale*. Manifestement, le mycelium, qui a produit dans un temps si court les fructifications observées le 27 août, a supporté l'action d'une grande épaisseur de neige. Cet épais manteau a protégé certainement les filaments délicats de ces Champignons contre le froid, puisqu'ils ont été aptes à donner d'abondantes fructifications observées le 27 août et plus tard le 5 septembre ([1]). Le milieu alpestre paraît donc avoir une action sur la flore fungique. Il serait intéressant de préciser, plus que cela n'a été fait jusqu'ici, les particularités du facies montagnard pour ces espèces délicates.

MÉCANIQUE. — *Nouveau frein d'écrou*. Note de M. **A. Rateau**.

On a imaginé de nombreux types de freins d'écrou. On appelle ainsi les dispositifs, généralement très simples, propres à empêcher le desserrage des écrous. Ils peuvent se classer en deux catégories d'après le degré de sécurité qu'ils donnent. Les uns, comme le contre-écrou ou la rondelle Grover, gênent seulement le desserrage sans apporter la sécurité absolue; d'autres, plus parfaits, fixent complètement l'écrou à la position qu'il doit occuper, sauf, parfois, la possibilité du desserrage sur une petite fraction de tour.

régulièrement envoyées à l'Observatoire de Chambéry. Les variations thermométriques ont été :

	Maximum.	Minimum.		Maximum.	Minimum.
10 août.......	28°	8°,5	19 août.......	18°	11°
11 »	27,5	14	20 »	13	7
12 »	22	8	21 »	18	5
13 »	11	2	22 »	18	5,5
14 »	17	3	23 »	19,5	5
15 »	18	3,5	24 »	19,5	5
16 »	17	4	25 »	17	3
17 »	20	2	26 »	18,5	7
18 »	24	11	27 »	21	5

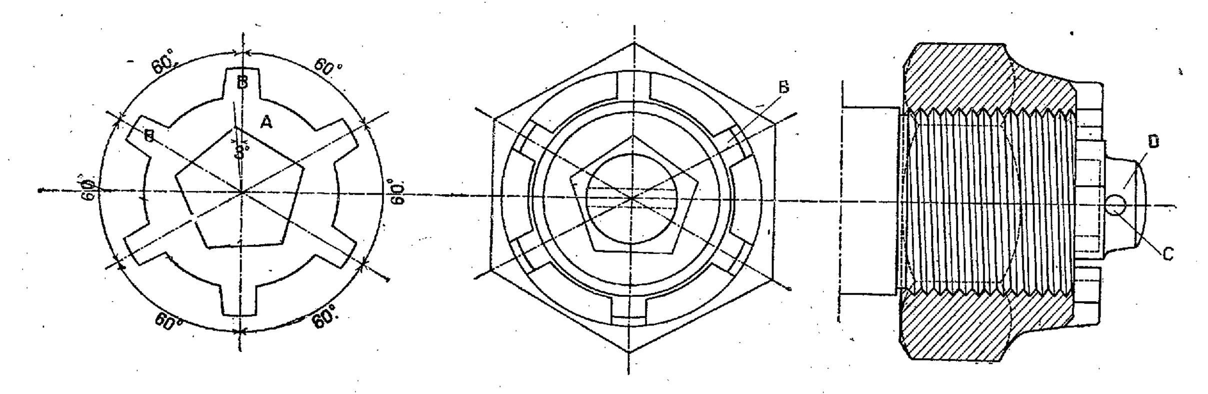
([1]) Qu'il me soit ici permis de remercier M. et Mme Mathieu, qui m'ont prêté leur concours dans la découverte de cette flore nivale. L'abbé Rechin a observé en 1913, peu de temps avant sa mort, près du glacier de la Vanoise, des *Cantharellus cibarius* également nains (renseignement fourni par M. Bonnier).

A cette deuxième catégorie, appartient l'écrou crénelé très employé dans les moteurs d'avions et d'automobiles. Il est fixé, comme on sait, par une goupille qui traverse la tête du boulon et qu'on engage dans les créneaux diamétralement opposés qui sont creusés sur la face externe de l'écrou. On adopte généralement six créneaux; l'écrou peut donc être fixé en place à $\frac{1}{6}$ de tour près. Il est possible de doubler très simplement la précision du serrage en disposant sur la tige du boulon deux trous de goupille à angle droit dont on utilise l'un ou l'autre suivant le cas. La position de l'écrou est alors assurée à $\frac{1}{12}$ de tour près.

Pour une application que j'avais à faire sur certaines pièces de canons, cette précision ne me suffisait pas; je désirais de plus un frein très robuste, élégant et bien mécanique.

Voici le dispositif, probablement nouveau, que j'ai conçu. Il repose sur la propriété des nombres premiers entre eux, en ce qui concerne leur plus petit commun multiple, et peut être considéré comme une généralisation de l'écrou crénelé connu.

Il est constitué par une étoile A, dont les n branches B (en particulier, sur la figure, $n = 6$), symétriquement réparties autour du centre, viennent



s'engager dans des encoches ou créneaux, en nombre égal, ménagés sur la face de l'écrou, et dont le centre est percé d'une ouverture polygonale de m côtés (ici $m = 5$) qui s'adapte sur le prisme réservé à cet effet à l'extrémité du boulon. On choisit des nombres m et n premiers entre eux. L'étoile est maintenue en place par une goupille C qui traverse la tête D du boulon.

Le pentagone intérieur de l'étoile doit être très exactement régulier, ainsi que le prisme du boulon, de manière que les deux pièces s'emboitent sans jeu important dans chacune des cinq positions possibles.

Au contraire, un jeu correspondant à quelques degrés, par exemple 3°, est réservé entre les branches de l'étoile et les bords latéraux des encoches de l'écrou.

De plus, le pentagone est placé par rapport aux branches de l'étoile de manière qu'un de ses sommets soit décalé de 3° relativement à l'un des axes de l'étoile ([1]).

Nombre de positions possibles de l'étoile. — Les nombres 5 et 6 étant premiers entre eux, on peut placer l'étoile dans cinq positions différentes, décalées de 12° l'une par rapport à l'autre, et, en la retournant, dans cinq autres décalées de 6° par rapport aux premières. Il y a donc possibilité de trouver une position de l'étoile qui coïncide avec celle des créneaux à 6° près, et, s'il y avait un jeu de 6°, on pourrait toujours entrer l'étoile dans les créneaux. Avec un jeu de 3° seulement, la probabilité pour que la mise en place soit réalisable, sans toucher à l'écrou, est de moitié.

Dans le cas où cette mise en place ne serait pas possible, il suffirait de serrer davantage ou de desserrer légèrement l'écrou, de 1°,5 au plus, c'est-à-dire de $\frac{1}{240}$ de tour, ce qui est négligeable.

Remarques. — La précision pourrait, au besoin, être augmentée en choisissant des nombres n et m plus grands que 6 et 5.

Ce système ne convient bien que dans des cas spéciaux où le prix de revient n'est pas à considérer, et pour des écrous d'assez grandes dimensions.

M. L. Lecornu présente un Ouvrage en deux Tomes intitulé : *Dynamique appliquée*.

L'Ouvrage dont j'ai l'honneur d'offrir la seconde édition à l'Académie et qui fait partie de l'*Encyclopédie scientifique* a pour objet de traiter scientifiquement un ensemble de questions intéressant l'art de l'ingénieur. J'y fais grand usage des méthodes de la mécanique rationnelle, mais en tâchant de ne jamais perdre de vue le caractère concret des problèmes envisagés. Un grand développement est donné à l'étude des résistances passives, des chocs, des vibrations, etc. Plus du tiers est consacré à la dynamique générale des machines.

Ainsi qu'il est dit dans la Préface, mon but serait atteint si le lecteur

---

([1]) Cette idée nous fut apportée par un de nos ingénieurs, M. Caron.

demeurait convaincu que la mécanique rationnelle, contrairement à une opinion trop répandue parmi les techniciens, peut servir à autre chose qu'à la conquête des diplômes.

ÉLECTIONS.

M. E.-L. **Bouvier**, Membre de la Section d'Anatomie et Zoologie, est désigné, à l'unanimité des suffrages exprimés, pour faire partie de la *première section* de la Commission technique de la *Caisse des recherches scientifiques*, en remplacement de M. *Edmond Perrier*, décédé.

M. J. **Violle** est désigné, à la majorité absolue des suffrages, pour faire partie de la *deuxième section* de la même Commission, en remplacement de M. *Gabriel Lippmann*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à désigner un Membre de sa Section de Médecine et Chirurgie qui remplacera, dans la première Section de la Commission technique de la Caisse des recherches scientifiques, M. *A. Laveran*, démissionnaire.

M. **René Souèges** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée en 1920 sur le *Fonds Bonaparte*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations non linéaires aux dérivées partielles du second ordre du type elliptique*. Note de M. **Georges Giraud**.

Soit l'équation à n variables

$$(1) \qquad f\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2}, \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2}, \ldots, \frac{\partial^2 u}{\partial x_n^2}, \frac{\partial u}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial u}{\partial x_n}, u_1, x_1, \ldots, x_n\right) = 0$$

qui admet la solution $u = 0$; on suppose que f est une fonction holomorphe

de $x_1, \ldots, x_n$, de u, et de ses dérivées, tant que $(x_1, \ldots, x_n)$ reste dans un domaine réel D et un peu au delà, et que u et ses dérivées des deux premiers ordres restent dans un champ de variation $\mathfrak{S}$, comprenant la valeur *zéro* de u et desdites dérivées. On suppose en outre que, dans les mêmes conditions, l'équation est elliptique, c'est-à-dire que les dérivées premières de f par rapport aux dérivées secondes de u sont les coefficients d'une forme quadratique définie positive; de plus, on suppose $f'_u < 0$.

Cela étant, on peut trouver un nombre δ tel que si, sur un contour C régulièrement analytique intérieur à une hypersphère de rayon δ intérieure à D, on se donne une suite analytique de valeurs $t\varphi(\alpha_1, \ldots, \alpha_{n-1})$ où $\alpha_1, \ldots, \alpha_{n-1}$ sont les paramètres fixant la position d'un point de C, et où t est un coefficient variable, *l'équation* (1) *admet, dès que t est assez petit, une solution et une seule holomorphe sur* C *et à son intérieur et prenant sur* C *les valeurs* $t\varphi(\alpha_1, \ldots, \alpha_{n-1})$ (u et ses dérivées ne sortant pas de $\mathfrak{S}$ supposé convexe).

Pour trouver cette solution, on néglige dans (1) les termes de degré supérieur au premier dans le développement en série de puissance de u et de ses dérivées; on obtient une équation linéaire et homogène, dont on cherche la solution u_0 prenant sur C les valeurs $t\varphi$. Ensuite, d'une manière générale, connaissant u_n, on remplace dans (1) u par $u_n + h$ et l'on néglige les termes du second degré par rapport à h et à ses dérivées; on obtient une équation linéaire et non homogène dont on cherche la solution h_{n+1} prenant sur C des valeurs nulles; on pose alors $u_{n+1} = u_n + h_{n+1}$. Et ainsi de suite. Dans les conditions indiquées $u_0, u_1, \ldots, u_n, \ldots$, tendent vers une limite u, solution du problème posé. On voit que cette manière d'appliquer les approximations successives de M. Picard est fort analogue à la méthode de Newton pour résoudre les équations dont l'inconnue est un nombre.

Pour la démonstration, considérons toutes les équations du type elliptique

$$(2) \qquad \sum_{k=1}^{n} \sum_{l=1}^{n} a_{k,l} \frac{\partial^2 u}{\partial x_k \partial x_l} + \sum_{k=1}^{n} b_k \frac{\partial u}{\partial x_k} + cu = \psi \qquad (a_{k,k} > 0,\ c < 0)$$

à coefficients holomorphes dans le même domaine débordant D que f. On suppose que ces coefficients et leurs dérivées jusqu'à l'ordre $n+1$ satisfont à certaines inégalités, remplies en particulier par les coefficients analogues de f (leurs valeurs absolues doivent être limitées supérieurement; certains déterminants doivent être supérieurs à des nombres positifs fixes, etc.). De plus, si $(\alpha'_1, \alpha'_2, \ldots, \alpha'_n)$ est un point de D, on suppose que les développements de ces coefficients en séries de puissances des $x_k - x'_k$ ont pour majo-

rante

$$\mathrm{M}\Pi \frac{1}{1-\frac{x_k - x'_k}{\mathrm{R}}},$$

où M est un nombre fixe et R un *nombre variable* que l'on pourra faire tendre vers zéro sans changer les autres hypothèses. On exige enfin que les inégalités satisfaites par les coefficients et leurs dérivées jusqu'à l'ordre $n+1$ soient satisfaites aussi dans ces systèmes de cercles de rayon R.

Cela étant, on constate qu'on peut déterminer des nombres fixes δ et g tels que la fonction Γ servant à M. Hadamard [1] à la formation de la solution fondamentale de (2) soit holomorphe dès que $(x_1, \ldots, x_n)$ et $(\alpha_1, \ldots, \alpha_n)$ étant intérieurs à D, leur distance est inférieure à 2δ et, en outre, les rayons de convergence associés du développement de Γ en série de puissances des $x_k - x'_k$ sont supérieurs à gR. Une modification du développement de M. Hadamard prouve ensuite que l'on peut en dire autant de $G\Gamma^{\frac{n-2}{2}}$, où G est la solution fondamentale. Puis les intégrales de la valeur absolue de G, étendues à l'intérieur de C ou à ce contour, sont inférieures à des nombres fixes. Enfin, dans les mêmes régions que pour Γ et G, il existe des fonctions *holomorphes* $\mathrm{A}_{k,l}$ telles que

$$\frac{\partial G}{\partial x_k} = \sum_{l=1}^{n} \mathrm{A}_{k,l} \frac{\partial G}{\partial a_l} \qquad (k = 1, 2, \ldots, n);$$

l'existence des $\mathrm{A}_{k,l}$ n'est démontrée que pour n impair; mais, si n est pair, on peut facilement introduire une variable de plus.

A l'aide de ces préliminaires, on démontre que, si ψ admet, dans le voisinage de tout point intérieur à C ou situé sur C, la fonction majorante

$$(3) \qquad \mathrm{H}\left[2-\left(1-\sum \frac{x_k - x'_k}{\mathrm{R}}\right)^{\mu}\right] \qquad (0 < \mu < 1)$$

[type de majorante introduit par M. Gevrey [2]], et si u est nul sur C, les dérivées secondes de u admettent une majorante du même type où R est remplacé par γR $(\gamma < g < 1)$ et H par $\frac{\mathrm{AH}}{\mathrm{R}^2}$, où A dépend seulement de γ et des hypothèses sur les coefficients et nullement de R.

---

(1) HADAMARD, *Recherches sur les solutions fondamentales*, etc. (*Ann. scient. de l'École Normale supérieure*, t. 21, p. 535).

(2) GEVREY, *Sur la nature analytique*, etc. (*Ann. scient. de l'École Normale supérieure*, t. 35, p. 129).

Si (3) est la majorante du résultat de la substitution de u_1 dans f, on a pour h_1 le résultat qui vient d'être dit. En substituant u_1 dans f, le coefficient H de (3) est à remplacer par $\frac{A^3BH^2}{R^4}$, où B est une nouvelle constante, ainsi que le prouve une légère modification du raisonnement de M. Gevrey; R reste remplacé par γR. Pour a_2, ces nombres deviennent alors

$$\frac{A^3BH^2}{\gamma^2 R^6} \quad \text{et} \quad \gamma^2 R,$$

et ainsi de suite. Pour h_n, on trouve que ces nombres deviennent

$$\left(\frac{A^2BH}{\gamma^4 R^4}\right)^{2^n-1} \frac{R^2 \cdot \gamma^{2n+2}}{AB} \quad \text{et} \quad \gamma^n R.$$

Or H, qui est proportionnel à t^2, est aussi petit que l'on veut; on voit donc que la convergence a lieu pour

$$H < \frac{\gamma^4 R^4}{A^2 B};$$

on voit en outre que, dans ces conditions, les dérivées de n'importe quel ordre convergent aussi uniformément.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Contribution à une étude générale des algorithmes illimités*. Mémoire de M. **Drouin**, présenté par M. Appell. (Extrait par l'auteur. Renvoyé à l'examen de MM. Goursat et Borel.)

On n'ignore pas quelle énorme influence ont eue, sur le développement de l'Analyse moderne, et même sur sa genèse, les méthodes de représentation algorithmique des fonctions. C'est de l'étude approfondie de l'un, très particulier, de ces modes de représentation, la série de puissances, qu'est née la théorie des fonctions analytiques. C'est aussi grâce à la possibilité d'assigner à l'avance à une fonction inconnue une forme particulière de développement (compatible toutefois avec sa définition) qu'ont pu être résolus un grand nombre de problèmes concernant les équations différentielles ou aux dérivées partielles qui interviennent en Physique mathématique, et dont les travaux de Fourier offrent le plus remarquable exemple.

Toutefois, et à mesure que s'approfondissent l'étude des modes connus de représentation, les mathématiciens modernes ont entrepris par d'autres méthodes l'étude de fonctions difficilement on même non représentables [1].

[1] Cf. les travaux de M. E. Boutroux sur les équations différentielles du premier ordre, et de M. Lebesgue sur les fonctions non représentables analytiquement.

Je me suis proposé ici un problème qui semble logiquement devoir précéder l'étude directe des fonctions non représentables à l'aide des modes connus, celui de l'étude *générale* des formes *quelconques* de représentation.

En effet, étant donné que les développements en série de Taylor ou de Fourier ont déjà permis, dans la classe des fonctions représentables analytiquement, d'étudier un nombre considérable de problèmes, l'on peut espérer que la connaissance de cette même classe serait singulièrement étendue, si l'on pouvait utiliser d'autres modes de représentation, applicables quand les précédents ne le sont pas ou lorsqu'ils conduisent à des calculs pratiquement inextricables. Cette étude, pour être utile, ne peut se borner à celle de *quelques* nouveaux modes particuliers de représentations; elle doit envisager, dans toute sa généralité, le problème de la représentation algorithmique.

Plus précisément soit F une fonction représentée par un algorithme formé d'une suite illimitée d'opérations exécutées sur une suite de termes a_0, a_1, a_2, ..., a_n, ...; dans l'étude de cette fonction interviennent certaines opérations que l'on doit exécuter sur elle, et dont nous désignerons l'ensemble par E. Cela posé, pour que le mode de représentation adoptée puisse servir utilement à l'étude de la fonction, il faut qu'il ne soit pas troublé par l'exécution d'une opération de E, c'est-à-dire qu'une telle opération ait un résultat représentable par un algorithme illimité de même espèce que le premier, et déduit de celui-ci par de simples opérations *sur ses termes*.

A toute fonction F représentable analytiquement l'on pourra ainsi faire correspondre un certain ensemble E d'opérations qu'il est nécessaire d'exécuter sur elle pour pouvoir l'utiliser dans les problèmes considérés; pour représenter F, il sera naturel de chercher à utiliser un développement dont la forme se conserve lorsque l'on exécute sur F une opération de E.

Dans le présent travail, je n'ai pas abordé l'étude même de la représentation : je me suis borné à étudier, dans le cas le plus général, les formes de développement ou *algorithmes illimités*. Cette étude est intimement liée à celle des systèmes de nombres dont l'étude fait l'objet de la première partie de ce travail. Les opérations qui se présentent, dans cette étude, comme primitives, sont celles qui conduisent de deux variables a, b, à une troisième c; et, dans le cas général, l'on est conduit à considérer les objets a, b, c comme appartenant respectivement à des classes différentes d'objets. L'on trouvera dans cette première partie une définition très générale des systèmes de nombres complexes, qui comprennent comme cas particulier les systèmes à n unités principales.

Dans la deuxième partie, j'étudie les propriétés des suites illimitées de nombres généraux, définis dans la première partie. Je donne une définition très générale de la régularité, en montrant qu'il y a lieu de distinguer entre cette notion nouvelle et la notion de convergence, qui s'introduit par la suite; je montre ensuite comment ces notions se rattachent aux notions usuelles d'écart et d'infiniment petit.

Enfin, dans la troisième partie, j'aborde l'étude de la régularité des algorithmes illimités d'opérations exécutées sur ces nombres. Les critères de régularité ou de convergence que l'on obtient ainsi sont très généraux en ce sens qu'ils s'appliquent à des algorithmes de forme très générale, mais sont fort peu nombreux; je montre encore comment la notion usuelle d'écart est un cas particulier de celles que j'utilise, et comment les algorithmes construits à l'aide d'opérations associatives et commutatives se présentent comme plus faciles à étudier que les algorithmes généraux.

Dans tout ce travail, je ne me suis pas attaché tant à développer la théorie la plus générale, dont le développement eût été inutilement compliqué, qu'à développer une théorie assez générale pour être immédiatement extensible aux cas les plus généraux, sans que surgissent de nouvelles difficultés. C'est ainsi, par exemple, que je prends comme fondamentales, dans la définition des systèmes de nombres, des opérations à deux variables, en supposant que les deux variables et le résultat sont éléments de trois ensembles E, F, G, complètement distincts; il est clair que l'extension aux opérations à n variables appartenant, ainsi que le résultat, à $n+1$ ensembles distincts, ne présenterait de difficulté supplémentaire que celle de l'exposition.

AÉROSTATION. — *Sur un nouveau flotteur aérien.* Note de M. **O. Cahen** (¹).

Principe. — Si l'on conçoit que l'on puisse réaliser un vide suffisant dans une enveloppe assez rigide et assez légère, on comprendra que l'on aura ainsi obtenu un flotteur qui, en raison de la poussée qu'il recevra de l'air environnant, flottera dans cet air, comme flotte et surnage le sous-marin dans l'élément liquide.

Conditions. — 1° L'enveloppe doit être assez rigide pour ne subir aucune déformation sensible sous l'effet de la pression extérieure.

(¹) Extrait d'un pli cacheté déposé le 29 septembre 1913, enregistré sous le n° 8086 et ouvert dans la séance du 19 septembre 1921.

2° Elle doit être assez légère pour que son poids soit inférieur à la poussée du milieu ambiant, c'est-à-dire pour qu'il y ait force ascensionnelle.

3° Le poids du système doit pouvoir varier suivant l'altitude que l'on désire atteindre et suivant les pressions et températures extérieures.

4° Les dimensions doivent être telles que, même avec un vide relatif, et de l'ordre de ceux que l'on obtient dans la pratique actuelle, il y ait encore force ascensionnelle suffisante.

Avantages. — Si ces conditions diverses sont obtenues, on aura un type de flotteur basé sur une application nouvelle d'un principe connu. Il sera loisible de donner à ce flotteur sa forme la plus propice à la fois à la navigation aérienne et au but à remplir. Ce flotteur sera rigide, indéformable, indéchirable, résistant, plus invulnérable que l'enveloppe de taffetas actuelle.

Il pourra être incombustible, inexplosible.

N'usant d'aucun autre gaz que l'air, il pourra tenir l'atmosphère beaucoup plus longtemps que les flotteurs aériens actuels; il tiendra le vide plus facilement que ces derniers tiennent le gaz, sans recharge et sans être suivi de l'*impedimenta* de l'usine productrice ou des tubes à gaz, le vide primitif étant produit à poste fixe.

Ce flotteur pourra aisément régler son altitude sans le secours de *lest* solide ou liquide, lequel représente une charge morte auxiliaire dont l'emploi exige l'expérience consommée de l'aéronaute, le lest gaspillé étant impossible à reconstituer en cours d'ascension.

La mise en action d'une machine pneumatique ou turbine à vide permettra d'augmenter ce vide, c'est-à-dire de rejeter du lest, comme le maniement d'un robinet à air permettra de le réduire, c'est-à-dire de prendre du lest.

L'enveloppe étant rigide ne présentera aucun des inconvénients de l'enveloppe de taffetas, qui exige beaucoup d'entretien et dont la durée est très limitée.

Le flotteur pourra comporter des cloisonnements permettant en cas d'avarie, c'est-à-dire d'entrée d'air accidentelle, d'assurer partiellement la sustentation, le vide étant maintenu dans les autres compartiments.

Données. — Pour la commodité du calcul, nous supposerons que le ballon a la forme sphérique.

Celui-ci peut être constitué par une enveloppe d'aluminium en feuilles montées sur ossature de treillis de même métal ou simplement en bois.

L'enveloppe peut être également en bois collé et verni intérieurement et extérieurement. Enfin, on peut employer le bois collé et verni intérieurement, recouvert d'un blindage en tôle d'aluminium, le tout sur ossature intérieure en bois ou fer.

Conclusions. — Cette étude a, croyons-nous, démontré la possibilité de réaliser le principe énoncé à son début.

Il reste à la compléter, en vue de l'exécution des calculs de résistance mécanique entre autres.

La Note donne un exemple de calcul des forces ascensionnelles d'un ballon sphérique ayant un diamètre de 35^m, et dont l'enveloppe est supposée faite en tôle d'aluminium de 4^{mm} d'épaisseur.

ASTRONOMIE. — *La Terre exerce-t-elle une influence sur la formation des taches du Soleil?* Note de M. **Luis Rodès.**

De l'étude directe d'environ trois mille clichés pris à l'Observatoire de l'Èbre portant sur une période de onze années (1910-1920) j'ai pu tirer les conclusions suivantes :

1. Les taches qui se forment sur la face invisible du Soleil sont en général plus nombreuses que celles qui naissent sur la région faisant vis-à-vis à la Terre. Des 101 grandes taches (à l'exclusion de celles qui réapparaissent) couvrant plus de la cinq-cent-millionième partie de l'hémisphère visible, neuf seulement se formèrent entre $\pm$ 70° de part et d'autre du méridien central, c'est-à-dire un tiers de moins, et davantage, de ce qu'exigerait une distribution due au hasard.

2. Le nombre des taches formées à l'est du méridien central dépasse environ 25 pour 100 celui des taches formées à l'ouest.

Des neuf grandes taches nées entre le $\pm$ 70° à partir du méridien central, une seule, celle du 19 août 1919 (n° 505 de notre *Bulletin*) peut avec certitude être attribuée à la région ouest.

3. En comparant la surface journellement couverte par les taches pendant les mois de novembre, décembre et janvier (périhélie), avec celle couverte en mai, juin et juillet (aphélie), j'ai trouvé pour cette période (1910-1920) que la seconde dépasse de 6,5 pour 100 la première; résultat qui concorde très bien avec ceux de Mrs Maunder pour la période de 1880-1901. Les très grandes taches formées lors de l'aphélie l'emportent de 10 pour 100 sur celles nées lors de la périhélie.

4. Pour avoir un nouvel argument en faveur de cet effet apparent de la

Terre sur la formation des taches solaires, j'ai comparé la moyenne mensuelle de la surface couverte dans les hémisphères nord et sud et la position de planète relative à ses hémisphères. Voici ce que j'ai trouvé : Lorsque la Terre est au nord de l'équateur solaire, la surface couverte dans l'hémisphère sud dépasse de 6 pour 100 l'aire couverte dans l'hémisphère nord et *vice versa* la Terre se trouvant au sud, l'hémisphère nord a un excès d'environ 5 pour 100.

Il ne faut pas donner à ce résultat trop d'importance, vu la brièveté de la période étudiée, il n'en est pas moins certainement remarquable qu'il vise un même genre d'action de la Terre sur le Soleil. Cette action semblera consister en une sorte d'influence tendant à atténuer la formation des taches. Pourquoi notre Terre aurait-elle cette influence plutôt que Jupiter ou Vénus, il est difficile de le dire. Peut-être pourrait-on l'expliquer en admettant que cet effet ne serait pas seulement fonction de la masse et de la distance, mais de quelque autre propriété, voire magnétisme ou électricité, que notre planète posséderait à un haut degré, comme elle possède la plus grande densité de notre système.

Quoi qu'il en soit, l'hypothèse d'un effet direct de la Terre sur le Soleil, qui a été proposée par Mrs Maunder et défendue dernièrement par le professeur J. Evershed, gagne du terrain et mérite, à mon avis, une étude méthodique et coordonnée.

L'examen des plaques mesurées à notre observatoire m'a révélé l'accord avec les mesures faites à Greenwich, à savoir que la surface moyenne des taches croît à mesure qu'elles approchent du méridien central pour décroître ensuite dans la même proportion quand elles s'en éloignent. Ce fait semble en contradiction avec les conclusions ci-dessus; mais comme d'autres l'ont également signalé, il pourrait trouver une explication dans la constitution intérieure de la tache elle-même. S'il n'en était pas ainsi, ce fait serait aussi merveilleux que le phénomène opposé, objet de la présente recherche.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'effet Volta dans le vide et dans les gaz très raréfiés.* Note (¹) de M. **Eligio Perucca.**

On discute encore si la présence d'une couche gazeuse superficielle sur les métaux, et particulièrement de la vapeur d'eau, est indispensable à l'existence de l'effet Volta. On sait qu'à ce problème ont trait les problèmes analogues pour l'effet thermoionique et l'effet photoélectrique.

(¹) Séance du 26 septembre 1921.

On peut espérer obtenir des résultats sûrs pour résoudre la question par des mesures de l'effet Volta sur des surfaces métalliques préparées dans le vide. C'est ce que MM. Hugues [1], Hennings [2], Millikan [3] ont essayé de faire. Mais la question n'a pas encore eu de solution à cause de la petitesse des quantités que M. Hugues a mesurées et de l'inconstance de ses résultats, et à cause de la possibilité que le moyen mécanique de polissage de la surface, employé par les deux autres auteurs, ne garantisse pas l'absence de tout reste gazeux sur la surface fraîche.

Pour faire des expériences décisives, j'ai préparé dans un vide extrêmemement élevé les deux surfaces nécessaires à l'expérience, et j'en ai mesuré immédiatement après la différence de potentiel voltaïque, dont j'ai étudié la variation en fonction du temps, sous l'action de résidus gazeux de nature différente.

Les couples employés ont été : Zn/Hg; Cd/Hg; Bi/Hg; Sb/Hg.

Les surfaces fraîches des métaux solides ont été obtenues par évaporation; les surfaces fraîches de mercure ont été obtenues d'une façon analogue à ce que j'ai fait récemment au cours d'autres expériences [4].

Toutes les surfaces fraîches étaient formées dans le vide produit par une pompe à diffusion, en série avec une pompe rotative à mercure troisième ligne.

J'ai eu des soins particuliers en considération des gaz occlus dans les métaux solides et, éventuellement, dans le mercure, des gaz adhérents aux parois des appareils, et de l'influence de l'ionisation sur la différence de potentiel mesurée. Dans le vide extrêmement poussé que je produisais, la pression des résidus gazeux (air, air désoxygéné par le phosphore et par le cuivre chauffé au rouge, H^2 et CO^2 préparés et purifiés par les méthodes habituelles) était certainement inférieure à 10^{-6} mm de Hg, probablement de beaucoup inférieure.

J'ai mesuré l'effet Volta, au centième de volt près, par la méthode du condensateur variable.

La description détaillée de l'appareil employé et la discussion des procédés de la recherche ne pourraient avoir place ici. J'exposerai les résultats de quelques-unes des expériences faites et les conclusions que j'en ai tirées.

Dans les données numériques qui suivent, l'effet Volta V est + si le

---

(1) *Phil. Mag.*, t. 28, 1914, p. 337.
(2) *Phys. Rew.*, t. 4, 1914, p. 228.
(3) *Phys. Rew.*, t. 7, 1916, p. 355.
(4) *N. Cim.*, t. 21, 1921, p. 75.

mercure est électropositif, — si le mercure est électronégatif par rapport à l'autre métal.

Les temps T sont précis à quelques secondes près. De l'instant de l'introduction des gaz à la mesure immédiatement successive, notée *, s'écoulaient 30 secondes environ.

J'ai pu reproduire l'effet Volta initial avec un écart maximum de quelques centièmes de volt; l'influence des gaz raréfiés a toujours la même allure caractéristique, mais je n'ai pu la reproduire avec une constance égale.

Les pressions indiquées ci-dessous sont seulement approximatives :

Zn/Hg. — Résidus gazeux : air sec; au * introduction d'air extrêmement sec, pression $0^{mm},05$ de Hg :

T (minutes).........	1	6	20	30	* 31	32
V (volts)............	−0,22	−0,24	−0,27	−0,30	−0,49	−0,54
T (minutes).........	33	40	47	58	65	125
V (volts)............	−0,55	−0,49	−0,41	−0,34	−0,30	−0,18

Zn/Hg. — Résidus gazeux : air sec; au * introduction d'air humide, pression $0^{mm},05$:

T (minutes).........	1	3	* 4	5	6	10	20
V (volts)............	−0,23	−0,24	−0,45	−0,53	−0,52	−0,50	−0,37

Zn/Hg. — Résidus gazeux : air sec; au * introduction de vapeur d'eau, pression 1^{mm}; au ** introduction de traces d'air :

T (minutes)...........	1	5	11	15	19	* 20
V (volts)...............	−0,19	−0,22	−0,24	−0,26	−0,29	−0,31
T (minutes)...........	23	25	** 26	27	30	
V (volts)...............	−0,33	−0,34	−0,46	−0,50	−0,47	

Zn/Hg. — Résidus gazeux : air désoxygéné; au * introduction d'air désoxygéné, pression 1^{mm}; au ** introduction de traces d'air ordinaire :

T (minutes).	2	10	28	* 29	34	39	** 40	41
V (volts)....	−0,18	−0,19	−0,22	−0,23	−0,24	−0,25	−0,30	−0,41
T (minutes).	42	43	44	47	50	55	90	
V (volts)....	−0,50	−0,52	−0,52	−0,50	−0,48	−0,44	−0,35	

Zn/Hg. — Résidus gazeux : H^2; au * introduction de H^2, pression $0^{mm},5$; au ** introduction de traces d'air :

T (minutes).	1	3	4	6	9	11	13	15
V (volts)....	−0,15	−0,12	−0,09	−0,07	−0,06	−0,05	−0,04	−0,04
T (minutes).	* 16	17	19	21	23	25	30	35
V (volts)....	−0,06	−0,14	−0,27	−0,37	−0,44	−0,48	−0,55	−0,57
T (minutes).	45	55	** 56	57	58	60	80	120
V (volts)....	−0,60	−0,60	−0,81	−0,94	−0,96	−0,88	−0,70	−0,26

Zn/Hg. — Résidus gazeux : CO^2; au * introduction de CO^2, pression $0^{mm},5$; au ** introduction de traces d'air :

T (minutes).	1	3	5	10	12	13 *	14	16	17
V (volts)....	—0,14	—0,11	—0,08	—0,04	—0,06	—0,07	—0,10	—0,13	—0,16
T (minutes).	20	24	28 *	29	30	31	35	50	
V (volts)....	—0,20	—0,22	—0,23	—0,59	—0,63	—0,64	—0,64	—0,55	

La modification violente, due à O^2, semble devoir être distinguée de celles dues à H^2 et à CO^2; elle a un caractère additif à l'égard de ces dernières.

J'ai fait les expériences analogues sur les couples Cd/Hg ; Bi/Hg ; Sb/Hg.

Les résultats que j'ai obtenus pour Zn/Hg, Cd/Hg, Sb/Hg, sont spécialement remarquables.

Les courbes que j'ai obtenues dans les différents résidus gazeux, extrapolées jusqu'à $T = 0$, prouvent l'existence de l'effet Volta, même en l'absence d'une couche gazeuse superficielle; $-0,17$ volt pour Zn/Hg; $+0,26$ volt pour Sb/Hg à très peu de centièmes de volt près; supérieur à $-0,2$ volt pour Cd/Hg (Hg électronégatif), mais non aussi bien fixé que les deux autres, à cause, je crois, de la grande volatilité de Cd et de l'intensité de l'action de l'air (oxygène) sur l'effet Volta initial.

Les expériences faites sur Bi/Hg sont moins probantes à cause de la petitesse de l'effet Volta initial et à cause de sa manière de varier.

A la suite de l'introduction de petites quantités des différents gaz secs et de la vapeur d'eau, on obtient des modifications de l'effet Volta caractéristiques des métaux en examen et de la nature du gaz.

L'influence de O^2, même extrêmement sec, sur l'effet Volta Zn/Hg, Cd/Hg, est singulièrement remarquable.

La vapeur d'eau n'a aucune influence fondamentale.

On n'exclut pas des variations de l'effet Volta initial, dues à un arrangement moléculaire de la surface fraîche.

PHYSIQUE. — *Action des rayons infra-rouges sur la phosphorescence.* Note de M. **Maurice Curie**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Note antérieure [1], j'ai indiqué un dispositif permettant de suivre l'action des rayons infra-rouges sur la phosphorescence de nombreuses substances, notamment sur des substances à phosphorescence non persistante. Les seuls phénomènes d'extinction observés ont été obtenus avec des composés sulfurés, et tous ces composés ont présenté, bien qu'à

[1] *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 272.

des degrés divers, le phénomène. Ce fait était en accord avec une théorie récente du phénomène [1], basée sur l'agitation supposée des atomes de soufre sous l'action du rayonnement infra-rouge ; cette agitation amènerait un accroissement de la fréquence des collisions avec les électrons momentanément détachés des atomes actifs lors de l'excitation de la phosphorescence, d'où un affaiblissement de luminosité. Nous avons cherché à vérifier cette hypothèse et à mettre en évidence une variation sous l'action d'un rayonnement infra-rouge de la densité de plans cristallins contenant des atomes de soufre.

A cette fin, j'ai étudié la réflexion d'un faisceau de rayons X sur la face 110 d'un cristal de blende cubique, d'abord sans rayonnement infra-rouge, puis en inondant le cristal d'un fort rayonnement infra-rouge produit par une lanterne de projection masquée par un verre noir à l'oxyde de cuivre. Il résulte des travaux de MM. Bragg, que les plans 110 de la blende contiennent des atomes de soufre et des atomes de zinc ; une agitation des atomes de soufre se serait donc traduite par une diminution dans l'intensité du rayonnement réfléchi. Aucune variation dans l'intensité du rayonnement réfléchi n'a été constatée.

Le même résultat négatif a été obtenu avec les faces 001 et 111 d'un cristal de soufre.

Dispositif expérimental. — Mesure d'intensité du courant d'ionisation produit dans une chambre remplie de vapeurs saturantes d'iodure de méthyle, montée sur un goniomètre de Babinet transformé en spectroscope à rayons X ; cette chambre était reliée à un électroscope de faible capacité. Tube Coolidge à radiateur et anticathode de tungstène. Régime de marche : tension sinusoïdale, voltage maximum : 45 kilovolts et 1,5 milliampère, réglé par circuit de chauffage à accumulateurs isolés. Dans ces conditions, on a un spectre continu avec un maximum pour $\lambda = 0,4.10^{-8}$ cm environ ; l'intensité du rayonnement réfléchi a été mesurée de degré en degré depuis un angle d'incidence de 88° jusqu'à 65°, d'abord sans action des rayons infra-rouges, puis sous l'action de ces rayons. Les deux courbes se confondent.

Par exemple, avec la face 110 de la blende et sous l'incidence de 70° peu rasante donc favorable à l'observation du phénomène supposé, le nombre de divisions parcourues par la feuille de l'électroscope en 60 secondes était :

						Moyenne.
Sans rayons IR	39	42	40	39	40	40,0
Avec rayons IR	40	40	38	40	41	39,8

La séance est levée à 16 heures et quart.

É. P.

---

[1] IVES et LUKIESH, *Astrophysical Journal*, 1911.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances d'aout 1921.

Les pierres de Madagascar. Gemmes, pierres d'ornementation, pierres d'industrie, par A. Lacroix. Extrait de la *Revue scientifique* du 25 juin 1921. Paris, 286, boulevard Saint-Germain, 1921; 1 fasc. $21^{cm}, 5$.

Leçons élémentaires sur la gravitation, d'après la théorie d'Einstein, par E.-M. Lémeray. Paris, Gauthier-Villars, 1921; 1 vol. $18^{cm}, 5$.

Résolution facile et rapide des équations numériques, par L. Brouhon. Liège, Bénard, 1914; 1 vol. 24^{cm}. — *Supplément* à ce Mémoire. Liège, Bénard, 1921; 1 fasc. 23^{cm}.

Magnetizzazione della elettricità, par Niccolo Mancini. Firenze, B. Seeber, 1921; 1 fasc. $24^{cm}, 5$.

Rapport sur une expédition d'aurores boréales à Bossekop et Store Korsnes pendant le printemps de l'année 1913, par Carl Stormer. Kristiania, Gröndahl, 1921; 1 vol. 30^{cm}.

Exemples de rayons auroraux dépassant des altitudes de 500^{km} *au-dessus de la Terre*, par Carl Stormer. Kristiania, Grondahl, 1921; 1 fasc. 30^{cm}.

The Norman Lockyer Observatory, compiled by Major William J.-S. Lockyer. Salcombe Hill, Sidmouth, 1921; 1 fasc. 18^{cm}.

British (Terra Nova) antarctic expedition. Terrestrial magnetism, par Charles Chree. London, Harrison, 1921; 1 vol. 31^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 OCTOBRE 1921.

PRÉSIDENCE DE M. Léon GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. et M[me] **Sachet**, descendants du physicien *Félix Savart*, ont offert à l'Académie le buste de leur ancêtre, qui sera placé dans les collections de l'Académie.

M. le **Président** leur adresse les remercîments de l'Académie.

M. **Émile Picard**, en présentant les *Comptes rendus du Congrès international des mathématiciens, tenu à Strasbourg*, du 23 au 30 septembre 1920, publiés par M. **H. Villat**, professeur à l'Université de Strasbourg s'exprime comme il suit :

Il y a un an, presque à pareille date (*Comptes rendus*, 4 octobre 1920), j'entretenais l'Académie du Congrès international des mathématiciens, qui venait de se tenir à Strasbourg. Je dépose aujourd'hui sur le Bureau le Volume contenant les travaux de ce Congrès. Outre de nombreuses et intéressantes Communications, on y trouvera cinq Conférences générales : une de notre Correspondant Sir Joseph Larmor, intitulée : *Questions in physical interdetermination;* une autre de notre Correspondant M. Dickson, portant pour titre : *Some relations between the theory of numbers and other branches of mathematics;* une troisième de notre Correspondant M. de la Vallée Poussin : *Sur les fonctions à variation bornée et les questions qui s'y rattachent;* une quatrième de notre Associé étranger, M. Volterra : *Sur l'enseignement de la physique mathématique et sur quelques points d'Analyse;* et enfin une Conférence de M. Nörlund : *Sur les équations aux différences finies.*

En dehors de quelques discours et Rapports, on trouvera aussi la liste

des dons généreux faits à l'occasion de cette réunion. Ils ont de beaucoup dépassé ce que pouvaient espérer les amis des sciences abstraites, et ils ont permis de faire la belle publication, qui restera le témoin de l'activité scientifique de ce Congrès international tenu dans la capitale de l'Alsace.

ENTOMOLOGIE. — *Sur l'apparition des mâles et des femelles dans les nids de la Fourmi des prés et de la Fourmi fauve du Haut Jura.* Note de MM. **E.-L. Bouvier** et **Roger Roidor.**

Dans le Haut Jura, les grands nids en dôme des fourmilières sont l'œuvre de la Fourmi des prés (*Formica pratensis* de Geer) qui les élève ordinairement dans les pâturages, et de la Fourmi fauve (*F. rufa* L.) qui les établit à la lisière, au bord des routes et dans les éclaircies de la forêt où ils peuvent être frappés, à certains moments du jour, par les rayons du Soleil; en pleine forêt, on trouve souvent des dômes morts, qui furent sans doute édifiés par la Fourmi fauve dans une clairière, et abandonnés lorsque celle-ci devint futaie. Il en est ainsi, du moins, dans la commune où nous les avons étudiés, à Saint-Laurent-du-Jura (Jura) entre 900^m et 1000^m d'altitude, en plein pays de sapinières. Dans cette région, la base périphérique du dôme est envahie par des herbes, d'ordinaire aussi protégée par des arbrisseaux; les dômes des pâturages présentent des dimensions médiocres, et se composent surtout de brindilles, de pétioles et de fétus provenant des plantes du voisinage; ceux de la zone forestière peuvent atteindre des dimensions beaucoup plus grandes et renferment en prédominance des aiguilles et des brins secs de Conifères.

On sait par Forel (¹), qu'au point de vue de l'apparition des reproducteurs ailés, ces deux espèces, surtout notre *F. pratensis*, sont très irrégulières, que leurs dômes peuvent renfermer des mâles et des femelles « aux époques les plus diverses » et que les deux sexes y apparaissent isolément ou « tous deux ensemble ». C'est ce dernier point qui a fixé notre attention; établi jusqu'alors sur des recherches discontinues et éparses, nous l'avons soumis à une étude longue et minutieuse, dans les deux espèces précitées, durant la plus grande partie du mois de juin, qui paraît bien être l'époque où ces fourmis émettent le plus grand nombre d'individus reproducteurs.

Apparition des mâles. — Au pâturage des Côtes, en un pli de terrain exposé au soleil pendant la plus grande partie du jour, et abrité contre les

(¹) A. Forel, *Les Fourmis de la Suisse*, 1874, p. 408.

vents, se trouve un dôme de *Formica pratensis* quelque peu protégé par une maigre aubépine.

Le 11 juin, par une matinée belle et fraîche, nous vîmes la fourmilière en grande agitation, avec des mâles nombreux qui sortaient par les orifices et venaient se réfugier à l'ombre sous l'épine et les herbes du bord supérieur du dôme; le soir à 4^h, tous ces mâles étaient rentrés. Le lendemain de 9^h à 11^h, les mâles grouillaient plus encore à la partie supérieure abritée, quelques-uns établis sur les herbes ou les ramuscules d'épine; il n'y en avait plus aucun le soir, à $6^h 30^m$, bien que la température fût assez douce. Le surlendemain 13, par un temps superbe et tiède, les mâles abondaient encore à $10^h 30^m$ du matin, mais presque tous juchés sur les herbes ou l'épine, et prenant leur vol; certains dépassaient tout d'une traite le sommet de la colline situé à plus de 100^m; nous en trouvâmes encore deux à $1^h 30^m$, mais il n'y en avait plus un seul à 4^h. Des averses nocturnes servirent de prélude à une période nouvelle où le vent du Nord balaya les nuages et donna progressivement un temps magnifique. Cette période dura 5 jours et, comme la précédente, nous montra exclusivement des mâles, qui sortaient dans la matinée : ils étaient assez peu nombreux le 14 et erraient sur le dôme, la bise étant fraîche et forte; celle-ci devenant plus bénigne, ils étaient plus nombreux le 15, où quelques-uns se tenaient à l'ombre; il en fut de même le 16; le 17 et le 18, par un temps superbe et doux, ils grimpaient sur les herbes pour prendre leur vol. Le 19, survint un orage qui détermina successivement un temps froid, des pluies violentes (le 21), puis, jusqu'au 28 où le vent tourna au Sud-Ouest, une série de beaux jours. Au début de cette nouvelle période, l'activité du nid fut réduite et nous ne vîmes pas de sexués, sauf un mâle aperçu le 19, à 3^h du soir. Les beaux jours suivants nous offrirent un spectacle analogue à celui des périodes précédentes : des mâles errant sur le dôme dans la matinée du 23, puis grimpant sur les herbes et prenant leur vol dans celle du 24; ces mâles étaient moins nombreux, et le 26, nous n'en vîmes plus aucun ni le matin, ni le soir; leur grande production semblait bien toucher à son terme.

En résumé, la nidification des Côtes ne nous montra jamais que des mâles; ceux-ci choisissaient pour sortir les heures ensoleillées du matin, errant d'abord sur le dôme, grimpant ensuite sur les plantes, puis prenant leur vol quand le temps était devenu parfaitement beau. Ces phénomènes se reproduisirent identiques durant trois périodes successives, et le nombre des mâles, qui fut considérable, diminuait sensiblement d'une période à l'autre.

Simultanément, nous étudions six dômes de *Formica rufa* établis à la lisière de la forêt. Peu éloignées les unes des autres, ces nidifications appartenaient peut-être à deux ou trois colonies distinctes; elles étaient d'ailleurs situées de telle sorte qu'elles se trouvaient dans l'ombre une grande partie de la matinée et ne recevaient guère les rayons du soleil avant 10^h-11^h.

Ces nids ne donnèrent que des mâles et furent inégalement prolifiques; trois d'entre eux n'en montrèrent qu'un ou deux dans la matinée, vers 11^h, et aucun le soir, même quand ils en avaient donné le matin. Les trois autres, par contre, en fournirent généralement toute la journée, depuis le 14 jusqu'au 27; ils n'en présentaient pas les 8 et 10 juin, et nous ne pûmes les visiter les trois jours suivants. Dans ces nids, les mâles étaient infiniment plus nombreux le matin que le soir; durant cette seconde partie de la journée, ils restaient sur le dôme, profitant des éclaircies pour sortir quand le temps était froid, restant au contraire enclos, comme les ouvrières, quand un soleil ardent frappait par trop leur demeure. Le matin, au début de chaque belle période, ils sortaient d'autant plus tôt que la température était plus haute, et restaient sur leur dôme; mais lorsque la belle période battait son plein, ils grimpaient sur les herbes, sur les rameaux surplombants, et se répandaient en grand nombre dans la prairie contiguë.

C'est ainsi que nous les vîmes, le 18 juin, vers 11^h, à la fin de la deuxième belle période, puis le 24 et le 25, de $10^h 30^m$ à 11^h, à la fin de la troisième; on les trouvait alors par centaines sur les herbes de la prairie, à l'ombre projetée par les sapins, et ils n'attendaient pas toujours le soleil pour prendre leur vol.

En somme, dans ces nidifications comme dans celle des Côtes, les mâles sortirent surtout dans la matinée, sous aucune femelle, et c'est exclusivement au cours des belles matinées qu'ils s'envolèrent. Les différences proviennent moins de la nature des espèces que de la situation des nids; aux Côtes, où le soleil donnait presque tout le jour, la sortie des mâles s'effectuait à peu près exclusivement le matin; à la lisière de la forêt, tardivement ensoleillée, elle se prolongeait d'ordinaire longtemps au cours de l'après-midi.

Apparition des femelles. — Les femelles des deux espèces sont infiniment plus faciles à distinguer que les ouvrières et les mâles; leur abdomen est mat dans la Fourmi des prés, lisse dans la Fourmi fauve où il luit aux rayons du soleil. Nous avons suivi minutieusement leur apparition sur un dôme de *pratensis* en un lieu appelé la Corne, au milieu du pâturage communal, à plusieurs kilomètres des Côtes, et sur deux nids de *rufa* situés à la lisière de la forêt, à l'endroit même où se trouvaient les nids de mâles.

Le nid de la Corne était orienté pour recevoir le soleil presque tout le jour, comme celui des Côtes, et abrité contre les vents du Nord qui dominèrent, forts ou légers, pendant la durée à peu près entière de nos observations.

Nous ne vîmes rien d'anormal sur ce dôme les 6 et 7 juin, mais le 14 nous y observâmes matin et soir des femelles assez nombreuses. Il en fut de même presque tous les jours où le temps n'était pas très mauvais; un rayon de soleil les faisait vite apparaître sur le dôme, où elles demeuraient encloses, comme les ouvrières, aux heures trop

ardentes du jour; beaucoup plus actives que les mâles, elles entraient et ressortaient fréquemment par les orifices; le 26, à 8h30m du matin, elles grimpaient sur les herbes de la périphérie du dôme, et se préparaient à prendre leur vol.

Les nids de *rufa*, situés à la lisière de la forêt, ne donnèrent également que des femelles.

L'un de ces nids ne nous en montra que deux fois, le 15 et le 16, vers 4h, et une seulement à chaque fois, abstraction faite d'un exemplaire ailé qui tomba sur le dôme, d'un sapin surplombant. L'autre nid, moins exposé au soleil, en donna bien davantage : le 18, à 11h, il en présentait un grand nombre qui couraient activement sur le dôme et montaient sur les herbes périphériques pour s'envoler; le soir, à 4h, il n'y en avait plus aucune; c'était la fin de la deuxième belle période. Par suite d'un orage et des pluies qui en résultèrent nous ne pûmes, durant quatre jours, visiter le nid que deux fois; c'était le 20, où son dôme présenta quelques femelles à 11h et où nous n'en trouvâmes aucune à 3h30m du soir. Il n'en fut pas de même au début des jours suivants qui étaient ceux de la troisième belle période; le 23, il y avait de nombreuses femelles sur le dôme à 11h, et quelques-unes à 4h, mais nous n'en vîmes pas une seule le 24 et le 25 vers les 11h du matin, non plus que le 27 trois heures plus tôt et le 26, à 5h30m du soir, bien que le ciel fût parfaifement pur et le nid légèrement ensoleillé sous les sapins qui l'abritaient.

Bref, dans chaque nid, les femelles se comportent à peu près comme les mâles : toujours exclusives de ces derniers, elles sortent surtout le matin, courant d'abord sur le dôme, puis grimpant sur les herbes périphériques et prenant leur vol les jours les plus beaux; elles sont d'ailleurs moins nombreuses, beaucoup plus actives et se montrent plus volontiers l'après-midi.

Outre les nidifications précédentes, nous en avons suivi six autres à intervalles plus éloignés : une de *pratensis* qui ne nous montra jamais rien, et cinq de *rufa*. Ces dernières furent très inégalement prolifiques : l'une resta toujours stérile, et une autre à très peu près, car nous n'y vîmes qu'un mâle, dans une troisième les mâles abondaient certains jours et manquaient certains autres, quelle que fût la température, deux autres nids nous montrèrent parfois de nombreuses femelles.

Au total, nos recherches ont porté sur 17 nids (3 de *pratensis*, 14 de *rufa*) parmi lesquels 2 (1 *pratensis*, 1 *rufa*) nous semblèrent être stériles durant toute la période, alors que les autres produisirent exclusivement, et d'ordinaire en très grand nombre, soit des mâles (1 de *pratensis*, 8 de *rufa*), soit des femelles (1 de *pratensis*, 4 de *rufa*). Ainsi, dans la région qui nous occupe, et durant le mois de juin de cette année, la plupart des dômes ont produit des sexués ailés, inégalement d'ailleurs, mais dans la majorité des cas en très grand nombre, et *toujours exclusivement du même sexe dans*

chaque dôme, avec prédominance complète des mâles sur les femelles, dont on constate au surplus fort aisément la vitalité plus grande.

Il est probable que les dômes ayant produit un sexe, durant une certaine période, donnent avant ou après, en plus ou moins grand nombre, des représentants de l'autre, avec chevauchement. Ce que nous avons pu mettre en évidence, par notre étude, c'est la durée vraiment fort grande de la période d'unisexualité dans les deux espèces précédentes. Cette séparation des sexes avait été sporadiquement constatée chez ces espèces et quelques autres où on la tenait ([1]), à juste titre, pour favorable au croisement entre individus de fourmilières différentes; il s'en faut d'ailleurs qu'elle soit commune, et chez la plupart des *Lasius*, par exemple, on n'observe plus qu'un essaimage estival où les deux sexes sortent en même temps du nid.

Dans ce dernier cas, comme dans celui de nos deux espèces, la production des sexués ailés semble bien être la manifestation d'un rythme annuel semblable à celui que l'on observe ([2]) chez les Abeilles et les Guêpes sociales dans la production des mâles; mais nos *Formica pratensis* et *rufa* offrent ceci de particulier qu'elles peuvent en outre, d'après Forel, donner des mâles et des femelles en dehors de leur période d'unisexualité; ce sont des espèces où le rythme commence à s'établir.

D'ailleurs, qu'il soit définitivement établi et conduise à une production simultanée des deux sexes, comme c'est le cas chez les *Lasius*, ou qu'il se manifeste, comme chez nos Fourmis, par une période d'unisexualité, ce rythme implique une action spéciale, volontaire ou instinctive, des ouvrières de la colonie : incapables de changer le sexe des œufs, qui est déterminé avant la ponte, ces dernières peuvent tout au plus avancer ou retarder quelque peu l'évolution des mâles; par contre, elles ont les moyens de provoquer le développement ou l'atrophie des organes génitaux de l'autre sexe, c'est-à-dire de faire évoluer en femelles fécondables (reines futures) ou en femelles stériles (ouvrières) les larves issues d'ovules féminins. Il leur faut donc connaître le moment où elles doivent produire cette transformation : chez les *Lasius*, celui où évoluent les larves des œufs mâles, pour nos deux espèces en période rythmique celui où aucune évolution de mâles n'est possible. Le rythme dans la ponte des œufs masculins fut acquis par les femelles fécondées ou reines, sous la dépendance desquelles il est exclusivement placé; mais il a eu pour conséquence un rythme analogue

---

([1]) K. Escherich, *Die Ameise*, 1906; W. M. Wheeler, *Ants*, 1910.

([2]) E.-L. Bouvier, *La Vie psychique des Insectes*, p. 250.

dans la production des femelles fécondables, qui est l'œuvre exclusive des ouvrières, et qui touche ainsi au gouvernement mystérieux de la société.

Appendice. — Depuis la fin du mois de juin, époque où fut rédigée cette Note, l'un de nous a continué l'observation des mêmes nids jusqu'au 29 juillet. Les résultats sont les suivants :

Formica pratensis. — Jusqu'à la fin de juin, aucun mâle sur la fourmilière des Côtes qu'on trouva malheureusement détruite le 2 juillet. Quant à la fourmilière de la Corne qui donna des femelles durant le mois de juin, elle en produisit jusqu'au 9 juillet, toujours sans aucun mâle. Après, les observations font défaut. Dans cette espèce, dès lors, nous ne connaissons que la période d'unisexualité.

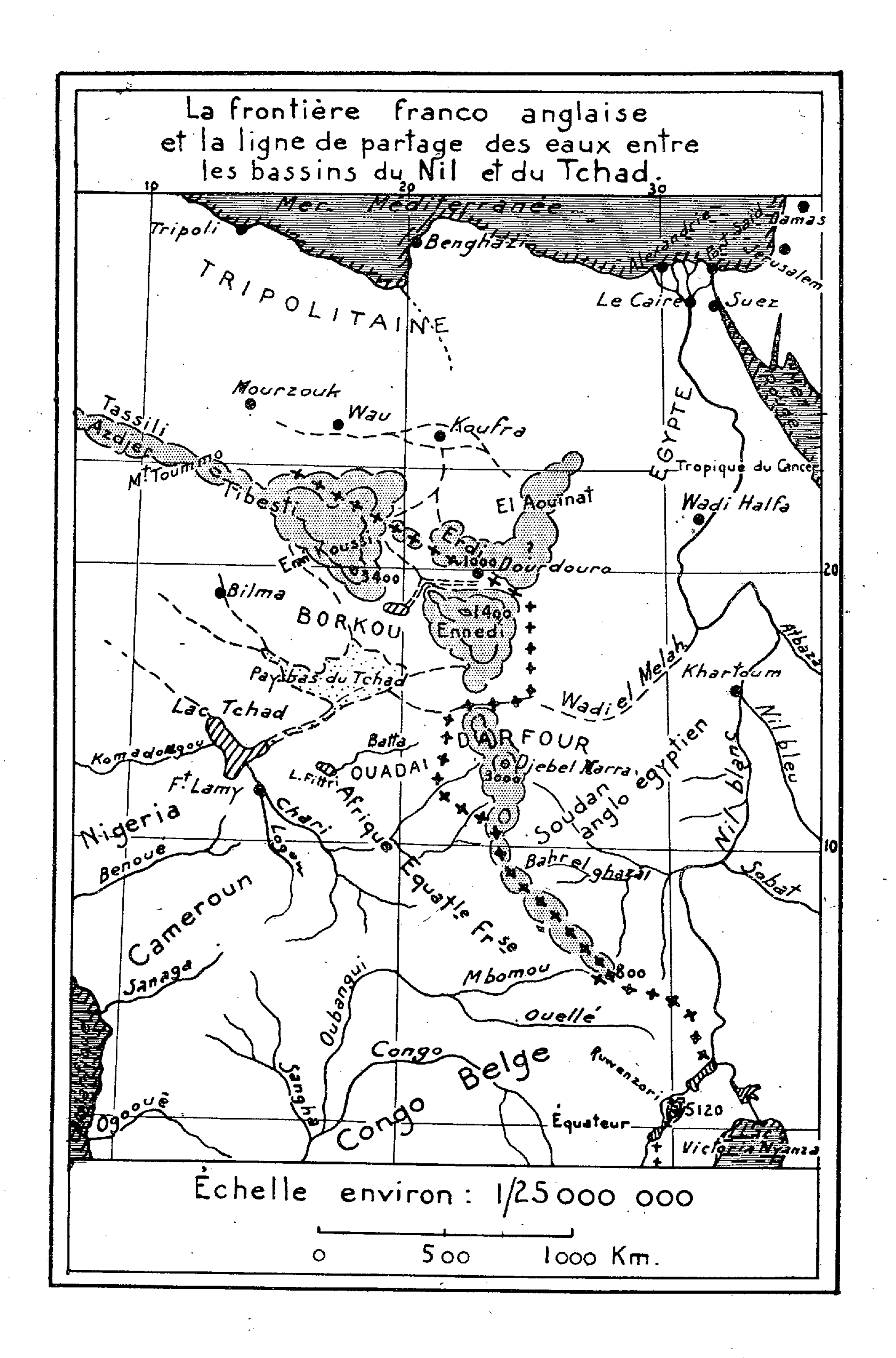
Formica rufa. — Pour cette espèce les observations se limitent à quatre des nids très rapprochés de la lisière de la forêt, qui ne nous avaient montré que des mâles. L'une de ces fourmilières se mit à produire simultanément des mâles et des femelles le 2 juillet, une deuxième le 6, une troisième le 11 ; les mâles étaient toujours plus nombreux que les femelles et, jusqu'aux dates précitées, se trouvaient seuls sur les nids ; le quatrième nid, jusqu'au 28 juillet, ne montra jamais que des mâles, les autres continuaient à donner simultanément les deux sexes.

On peut donc conclure que, pour les *F. rufa*, la période unisexuelle consacrée aux mâles est immédiatement suivie par une autre où coexistent les deux sexes. Il en est probablement de même pour les *Formica pratensis ;* toutefois, c'est à voir. Il faudra voir également, pour les deux espèces de Fourmis, ce qui se passe lorsque la période d'unisexualité ne donne que des femelles ; nous ne savons rien sur ce point.

En tout cas, les recherches mentionnées dans cet appendice semblent justifier les considérations ci-dessus émises.

GÉOGRAPHIE. — *La frontière franco-anglo-égyptienne et la ligne de partage des eaux entre les bassins du Nil et du lac Tchad.* Note de M. **Tilho.**

Au cours de notre exploration des massifs montagneux du Sahara oriental, nous avons pu établir que le bassin hydrographique du lac Tchad est indépendant de celui du Nil, leur séparation étant nettement indiquée par une ligne de reliefs importants dont l'orientation générale est approximativement SSE-NNW. Les principaux de ces reliefs sont : les monts du Dar Four (altitude du Djebel Marra, 3000^{m}), les hauts plateaux



La frontière franco anglaise et la ligne de partage des eaux entre les bassins du Nil et du Tchad.

de l'Ennedi (altitude du plateau de Basso, 1300m à 1400m), les terrasses de l'Erdi (altitude du Pic de Dourdouro, 1000m), le massif du Tibesti (altitude de l'Emi Koussi, 3400m).

Nos observations ne dépassent pas vers le Sud le 13e parallèle; au delà, cette ligne de reliefs, qui se prolonge sur plus de 1000km en direction Sud-Est, est demeurée presque inconnue, n'ayant été traversée que par de rares voyageurs ne disposant pas de l'outillage nécessaire pour rapporter des renseignements scientifiques précis.

Cette lacune va prochainement être comblée, grâce à l'envoi par la France et l'Angleterre d'une Commission de délimitation de la frontière commune à l'Afrique équatoriale française et au Soudan anglo-égyptien. On sait, en effet, que, d'après la Convention franco-anglaise du 21 mars 1899, la limite des zones d'influence française et britannique à l'ouest du Nil coïncide sur plus de 700km de longueur avec la ligne de partage des eaux entre le bassin du Nil d'une part et ceux du Congo et du Tchad de l'autre; c'est-à-dire depuis les sources du M'Bomou, une des branches mères de l'Oubangui, situées à environ 800m d'altitude par 5° de latitude Nord jusqu'à l'intersection de cette ligne de partage avec le 11e parallèle. Plus au Nord, les deux pays ont dû adopter pour frontière un tracé qui tient compte beaucoup plus des limites politiques des diverses tribus relevant du Dar Four et du Ouadai, que des lignes géographiques naturelles.

La mission française, placée sous le commandement du lieutenant-colonel d'infanterie coloniale Grossard et comprenant sept officiers et huit sous-officiers, est outillée de façon à pouvoir recueillir, sur ces territoires à peu près inexplorés, des observations précises au point de vue tant des sciences physiques que des sciences naturelles. Nous signalerons, en particulier, que ses travaux constitueront une très intéressante expérience d'application en grand de la T. S. F. à l'établissement de la carte de contrées lointaines ou d'un accès difficile; dans ce but, des signaux horaires radiotélégraphiques spéciaux lui seront envoyés par divers postes de T. S. F de la métropole pour être captés par ses observateurs, en pleine brousse, avec des appareils facilement transportables et construits à leur intention. Nous sommes en droit d'espérer que cette expérience permettra de démontrer pratiquement que l'exécution des canevas géodésiques par les méthodes de la géodésie astronomique utilisant l'astrolabe à prisme et les signaux scientifiques de T. S. F. peut se réaliser, dans les immenses étendues africaines, avec une précision comparable à celle de la triangulation et en un temps beaucoup plus court. Si cette expérience réussit, la méthode pourrait être appliquée ensuite à la

détermination du réseau général des points astronomiques, indispensable à l'établissement de la carte régulière d'Afrique, carte dont le besoin devient chaque année plus urgent. On économiserait ainsi beaucoup de temps et d'argent, tout en ménageant la santé des opérateurs, que les climats tropicaux soumettent à de rudes épreuves. Les géographes suivront donc avec intérêt les travaux de la mission française du lieutenant-colonel Grossard.

La mission britannique, sous le commandement du lieutenant-colonel Pearson, se compose de neuf officiers et de quatre sous-officiers. Les deux missions se rendront sur place par l'Égypte, viâ Khartoum, El Obeid et El Fascher; leurs travaux dureront au moins deux ans; elles auront à surmonter de grandes difficultés, notamment dans les régions situées entre les 5e et 11e parallèles de latitude Nord, où la population est très clairsemée, la brousse souvent très dense et sans pistes, les points d'eau rares en saison sèche, alors qu'en saison des pluies le sol est inondé de place en place sur de vastes étendues; de plus, la présence de la mouche tsé tsé, si funeste aux animaux de selle et de bât, compliquera notablement la tâche des opérateurs en rendant les transports très difficiles sur de longs parcours. Au sud du 8e parallèle, toutefois, et jusqu'aux sources du M'Bomou, le travail des deux missions sera facilité par les nombreux renseignements cartographiques recueillis par la mission Marchand au cours de son expédition de l'Atlantique à la mer Rouge.

La zone la plus favorable aux opérations de délimitation s'étend entre les 11e et 14e parallèles, où la frontière se détache de la ligne de partage des eaux pour s'infléchir vers l'Ouest; les opérateurs se trouveront alors dans des régions relativement riches, bien habitées et présentant des ressources nombreuses en céréales et animaux de transport.

Plus au Nord, vers le 15e parallèle, la frontière pénètre dans le désert après avoir retrouvé, puis franchi la ligne de partage des eaux, qu'elle laisse cette fois à l'Ouest, pour englober dans la zone française les hauts plateaux de l'Ennedi et de l'Erdi, ainsi que les trois quarts environ du grand massif du Tibesti. Du 15e parallèle jusqu'au tropique du Cancer, cette ligne-frontière se développe sur près de 1500^{km}, à travers des régions désolées, tantôt absolument plates, tantôt très accidentées, où la découverte des points d'eau n'est guère possible qu'avec le concours de guides expérimentés, où les pâturages pour chameaux sont rares et incertains, et où les raids des pirates du désert étaient naguère encore très fréquents. L'ensemble de cette région est d'ailleurs en partie connue, grâce aux cartes

provisoires publiées récemment par le Service géographique de l'Armée et les Sociétés de Géographie de Paris et de Londres, d'après les documents que nous avons rapportés de notre dernière expédition.

Dans cette zone inhabitable, il ne sera sans doute pas nécessaire de jalonner la ligne de démarcation franco-anglaise par des signaux artificiels nombreux; il est même probable que, le plus souvent, les missions française et britannique estimeront suffisant de définir de place en place la position de la ligne frontière, par son orientation et par sa distance à des points d'eau bien connus ou à certains repères naturels; ceux-ci sont presque toujours constitués par des affleurements rocheux de formes caractéristiques, émergeant des sables, et à proximité desquels sont venus passer, de temps immémorial, les guides des caravanes cherchant leur route à travers les immenses solitudes du désert de Libye.

La longueur totale de la frontière franco-anglaise à délimiter étant d'environ 3500^{km}, dont 1500^{km} en plein Sahara, les travaux de précision de la Commission de délimitation ne se développeront guère que sur 2000^{km} de parcours, en englobant de part et d'autre de la ligne de démarcation une zone de 10^{km} à 30^{km} de largeur; c'est donc une superficie de 30000^{km^2} à 40000^{km^2}, que les deux missions auront à lever.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'onde atmosphérique produite par l'explosion des usines d'Oppau.* Note (¹) de M. **Louis Fabry.**

L'explosion d'une grande quantité de produits chimiques provoque un ébranlement de l'atmosphère qui se propage quelquefois jusqu'à une distance considérable. Ainsi le 3 juin 1918 l'explosion du dépôt de Beaussenq, situé dans la plaine de la Crau, à 50^{km} au nord-ouest de Marseille, fut nettement marquée sur le tracé des baromètres enregistreurs placés dans cette ville. L'ébranlement de l'air y fut même très sensible sans le secours d'aucun instrument, car, dans les locaux ouverts, les portes furent secouées et les papiers placés sur les tables agités comme par un coup de vent.

Il était donc intéressant de rechercher si l'explosion des usines d'Oppau près de Mayence, le 21 septembre dernier, était marquée sur nos baromètres enregistreurs. Voici le résultat de la recherche que j'ai faite à ce sujet sur les deux baromètres de l'Observatoire de Marseille.

(¹) Séance du 3 octobre 1921.

Pendant la journée du mardi 20 et la matinée du mercredi 21 septembre le baromètre a été agité par des variations irrégulières de la pression atmosphérique, ce qui rend les recherches plus difficiles. On remarque cependant, sur les deux baromètres, un petit crochet qui correspond à un brusque accroissement de la pression. Celle-ci monte brusquement d'un demi-millimètre, puis baisse. Ce crochet du baromètre se trouve à $8^h 4^m$ du matin, temps moyen de Greenwich, le mercredi 21 septembre 1921; cette heure ne peut être précisée qu'à quelques minutes près.

Les documents que je possède ne permettent pas de dire sûrement si cet accident du tracé barométrique provient de l'explosion d'Oppau, parce que ces documents ne disent pas dans quel système l'heure de l'explosion est donnée. Si l'heure indiquée : $7^h 30^m$ ou $7^h 31^m$ du matin, est en temps de Greenwich, la différence 34 minutes environ, correspond bien à la vitesse du son pour la distance Oppau-Marseille.

Mais si c'est l'heure de l'Europe centrale, il faudrait admettre une propagation beaucoup trop lente.

Le sismographe de l'Observatoire de Marseille, quoique étant en fonctionnement normal, n'a enregistré aucune vibration du sol.

Il serait intéressant de faire la même recherche sur des baromètres enregistreurs situés dans d'autres observatoires.

ÉLECTIONS.

M. **L. Guignard**, par l'unanimité des suffrages exprimés, est élu Membre des Commissions administratives, en remplacement de M. *Edmond Perrier*, décédé.

CORRESPONDANCE.

Le Bureau de l'**Union astronomique internationale** annonce que cette association tiendra sa première Conférence générale à Rome le jeudi 20 avril 1922 et les jours suivants.

Des Rapports relatifs à l'emploi fait de subventions accordées par l'Académie sur le *Fonds Bonaparte* sont adressés, par MM. **Henri Andoyer**,

pour une subvention reçue en 1914; **H. Bierry**, pour une subvention reçue en 1912; **Joseph Bouget** pour une subvention reçue en 1915; **Charles Pérez**, pour une subvention reçue en 1920.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Antoine Chézy. *Histoire d'une formule d'hydraulique*, par G. Mouret.

2° Auguste Lumière. *Rôle des colloïdes chez les êtres vivants. Essai de biocolloïdologie. Nouvelles hypothèses dans le domaine de la biologie et de la médecine*. (Présenté par M. E. Roux.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions croissantes.* Note de M. **Théodore Varopoulos.**

1. Cette Note fait la suite de ma Communication précédente [1]. Dans son Cours supérieur, professé à l'Université d'Athènes, M. Rémoundos a démontré le théorème suivant :

Pour toute fonction $\varphi(x)$ croissante telle que $\log\varphi(x) > x$, nous avons l'inégalité

$$\varphi[x + m(x)] > \varphi(x)^{0}$$

$0 > 1$ *quelconque*, $m(x)$ *étant une fonction croissante quelconque.*

2. Dans cette Note nous allons étudier les fonctions $\varphi(x)$ croissantes telles que $\varphi(x) > x^{\rho}$ $(\rho > 0)$ et *nous allons chercher les fonctions $m(x)$ croissantes dont l'addition à x altère l'ordre de la croissance de la fonction croissante $\varphi(x)$.*

Supposons que l'on ait $m(x) > e^{x}$ (à partir d'une certaine valeur de x) et que l'addition à x de la quantité $m(x)$ n'altère pas l'ordre de la croissance de la fonction $\varphi(x)$, alors, étant donné un nombre A assez grand, mais fini, à partir d'une valeur de $x = x_0$, nous aurons l'inégalité

$$\frac{\varphi[x + m(x)]}{\varphi(x)} < \text{A}.$$

Posons

$$\begin{aligned} x_0 &+ m(x_0) = x_1, \\ x_1 &+ m(x_1) = x_2, \\ &\dots\dots\dots\dots, \\ x_{n-1} &+ m(x_{n-1}) = x_n, \end{aligned}$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 515.

alors

$$\varphi(x_1) < A\,\varphi(x_0),$$
$$\varphi(x_2) < A\,\varphi(x_1),$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$
$$\varphi(x_n) < A\,\varphi(x_{n-1}),$$

et, par conséquent,

$$\varphi(x_n) < A^n\,\varphi(x_0)$$

ou bien

(1) $$\log\varphi(x_n) < n\log A + \log\varphi(x_0).$$

Or

$$x_n = x_{n-1} + m(x_{n-1}) > e^{x_{n-1}},$$

et alors

$$\varphi(x_n) > \varphi(e^{x_{n-1}}) > e^{\rho x_{n-1}},$$

et puisque

$$\rho x_{n-1} \geqq \rho x_0 + \rho(n-1)\,m(x_0),$$

parce que la fonction $m(x)$ est croissante, nous aurons enfin

$$\log\varphi(x_n) > \rho x_0 + \rho(n-1)\,m(x_0).$$

En tenant compte de l'inégalité (1), on en déduit

$$n\log A + \log\varphi(x_0) > \rho x_0 + \rho(n-1)\,m(x_0),$$

et, si nous faisons tendre n vers l'infini, nous obtenons

$$A > e^{\rho m(x_0)}.$$

Cette inégalité est impossible parce que nous pouvons bien choisir x_0 de sorte que la quantité $e^{\rho m(x_0)}$ soit plus grande que A. Nous arrivons donc à l'énoncé suivant :

Théorème. — *Pour toutes les fonctions croissantes $\varphi(x)$ satisfaisant à l'inégalité $\varphi(x) > x^\rho$* ($\rho > 0$ quelconque), *l'addition à x de toute fonction $m(x)$ croissante telle que $m(x) > e^x$ altère l'ordre de la croissance de la fonction $\varphi(x)$.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions qui admettent plusieurs théorèmes de multiplication.* Note de M. P. **Fatou**, présentée par M. E. Goursat.

Nous dirons avec Poincaré que la fonction analytique $\varphi(u)$ admet un théorème de multiplication si l'on a

$$(1) \qquad \varphi(ku) = \mathrm{R}[\varphi(u)],$$

R étant une fraction rationnelle; nous laisserons de côté le cas simple où R est du premier degré et nous supposerons que le point $u = 0$ est pour la fonction φ un point ordinaire ou un pôle; si c'est un pôle, il suffit de changer φ en $\frac{1}{\varphi}$ pour obtenir une équation de même forme avec une fonction régulière à l'origine; si $\varphi'(0) = 0$, on vérifie facilement qu'un changement de variable de la forme $v = au^m$ (m entier) conduit à une relation de même forme que (1) pour la fonction $\theta(v) = \varphi(u)$, k étant remplacé par k^m et $\theta(v)$ étant régulière et de dérivée égale à 1 pour $v = 0$. Si $|k| < 1$, la fonction φ n'est pas uniforme; si $|k| = 1$, la fonction φ, à supposer qu'elle puisse exister, admettrait comme coupure une circonférence : $u =$ const. Si donc nous la supposons uniforme et à domaine d'existence illimité, on a $|k| > 1$; φ est alors la fonction de Poincaré, méromorphe en général, entière si R est un polynome.

La relation (1) donne par itération

$$\varphi(k^n u) = \mathrm{R}_n[\varphi(u)],$$

et ceci nous conduit à la définition suivante. Nous dirons que φ admet deux théorèmes de multiplication essentiellement distincts, si l'on a

$$(1) \qquad \varphi(k\,u) = \mathrm{R}[\varphi(u)],$$
$$(1') \qquad \varphi(k'u) = \mathrm{S}[\varphi(u)],$$

k et k' n'étant liés par aucune relation de la forme

$$(2) \qquad k^n = k'^p \qquad (n, p \text{ entiers}).$$

On suppose toujours que $u = 0$ est pour la fonction φ un point ordinaire

ou un pôle. Les relations (1) et (1') entraînent l'identité

$$S[R(z)] = R[S(z)]; \tag{3}$$

les fonctions rationnelles R et S ne vérifient aucune relation de la forme

$$R_n(z) = S_p(z) \tag{4}$$

pour des valeurs entières des indices d'itération, la relation (2) découlant de la relation (4). La recherche de deux fractions rationnelles vérifiant l'identité (3), mais ne vérifiant aucune identité de la forme (4), apparaît ainsi comme une extension du problème qui consiste à trouver les fonctions possédant deux théorèmes de multiplication distincts [1]; en réalité le premier problème se ramène au second, même en y faisant les hypothèses $|k| > 1$, $|k'| > 1$ et $\varphi'(0) = 1$, qui donnent par conséquent pour $\varphi(u)$ une fonction méromorphe de Poincaré; mais les deux aspects du problème sont utiles à considérer.

A la fraction rationnelle $R(z)$ est attaché un ensemble parfait F, celui des points où les itérées $R_n(z)$ ne forment pas une suite normale, et de l'identité (3) il résulte aisément que l'ensemble analogue attaché à S est identique à F. A cet ensemble F du plan des z, la relation $z = \varphi(u)$ (φ méromorphe) fait correspondre dans le plan des u un ensemble parfait II invariant par les substitutions $(u | ku)$ et $(u | k'u)$, de sorte que si u appartient à II, il en est de même, pour m_1 et m_2 entiers, de $k^{m_1} k'^{m_2} u$. Si l'on pose $k = e^{\omega_1}$, $k' = e^{\omega_2}$, $2i\pi = \omega_3$, les nombres ω_1, ω_2, ω_3 ne sont liés par aucune relation linéaire et homogène à coefficients entiers. Deux cas sont alors à distinguer :

1° Le rapport $\frac{\omega_1}{\omega_2}$ est imaginaire et les points $m_3\omega_3$ ($m_3 \neq 0$) n'appartiennent jamais aux droites joignant deux points du réseau (ω_1, ω_2); il résulte alors d'un important théorème de Kronecker que les points

$$m_1\omega_1 + m_2\omega_2 + m_3\omega_3$$

sont denses dans tout le plan. Par suite II recouvre tout le plan des u, F tout le plan des z; ce cas ne peut pas se présenter si R est un polynome.

---

(1) On doit remarquer que la coexistence des relations (3) et (4) n'implique pas que R et S soient les itérées d'ordre entier d'une même fraction rationnelle; si l'on suppose R et S de degré premier p et déduites l'une de l'autre en effectuant sur z une substitution linéaire elliptique d'ordre q qui leur est permutable, on a $R_q = S_q$ et $RS = SR$, R et S n'étant pas les itérées d'ordre entier d'une même fraction. Exemple : $z + z^5$ et $i(z + z^5)$.

2° Le rapport $\frac{\omega_1}{\omega_2}$ est réel et incommensurable, ou bien, ce rapport étant imaginaire, un point $p\omega_3$ appartient à une droite du réseau (ω_1, ω_2).

Dans ce cas les multiplicateurs $k^{m_1} k'^{m_2}$ sont répartis d'une manière dense sur un nombre fini de droites ou de spirales logarithmiques issues de l'origine. L'ensemble Π est constitué lui-même par un assemblage de courbes de cette nature et, s'il ne couvre pas tout le plan, un domaine Δ contigu à Π est limité par deux courbes de ce faisceau et de plus invariant par $(u \mid k^q u)$. D'une discussion que j'ai développée ailleurs (*B. S. M. F.*, 1920), il résulte alors que le domaine D correspondant du plan des z, contigu à F, simplement connexe, invariant par $[z \mid R(z)]$ et dont la frontière présente des arcs analytiques isolés, est limité par une droite ou une circonférence, les substitutions R et S étant de l'espèce très particulière que j'ai appelées C; j'ai déterminé les substitutions de cette classe qui sont entières. On est ainsi conduit aux résultats suivants :

Toute fonction $\varphi(u)$ qui admet deux théorèmes de multiplication distincts et pour laquelle $u = 0$, est un point ordinaire ou un pôle est méromorphe ou entière.

Toute fonction entière de cette classe se ramène à u, e^u, cos u *ou* sin u *par les substitutions $(u \mid au^m)$ et $(\varphi \mid A\varphi + B)$. Les substitutions* R *et* S *correspondantes se ramènent à la forme $Z = cz$, ou $Z = z^p$, ou $Z = \pm \cos(p \arccos z)$.*

Pour le cas des fonctions méromorphes, je n'ai pas résolu la question entièrement; les solutions nouvelles que l'on obtient sont telles que l'ensemble F couvre tout le plan; parmi ces fonctions se trouvent des fonctions elliptiques, comme il résulte des formules de multiplication ordinaire ou complexe; mais il n'est pas prouvé que ce soient les seules.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le théorème de Picard-Borel dans la théorie des fonctions entières.* Note de M. **G. Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

La proposition classique de M. Borel :

I. *$f(z)$ étant une fonction entière, l'ordre des zéros de $f(z) - x$ est égal à l'ordre de $f(z)$, sauf peut-être pour une valeur de x,* se démontre par une méthode bien connue dans laquelle on utilise la décomposition de $f(z) - x$ en un facteur exponentiel et un produit canonique, et des approximations de la valeur de ce produit canonique [1]. L'inconvénient de cette mé-

[1] Voir les *Leçons sur les fonctions entières* de M. Borel, le Livre de M. Blumenthal sur *Les fonctions entières d'ordre infini*, et un Mémoire de M. Lindelöf (*Annales de l'École Normale*, 1906).

thode est de donner des résultats valables seulement dans les régions où la croissance du maximum du module $M(r)$ de $f(z)$ est comparable à celle des fonctions servant aux approximations. On peut obtenir des résultats plus complets de la façon suivante : pour étudier le module de $f(z)-x$ sur le cercle $|z|=r$, on pose

$$f(z)-x=P(z,x)\,e^{Q(z,x)},$$

$P(z,x)$ étant un polynome formé avec les zéros de $f(z)-x$ dont le module est inférieur à kr ($k>1$) et $Q(z,x)$ une fonction qui est par suite holomorphe dans le cercle $|z|\leqq kr$. Dans le cas de l'ordre infini, dont je ne m'occuperai pas ici, on est conduit à prendre pour k une fonction de r, mais pour l'ordre fini on obtient des résultats intéressants en supposant simplement que k est une constante.

Le théorème fondamental de M. Borel relatif au minimum du module à l'extérieur de petites régions entourant les zéros s'obtient en utilisant la relation entre le maximum du module et le maximum de la partie réelle d'une fonction holomorphe, on trouve que ce minimum est supérieur à

$$M(kr)^{-H},$$

k étant un nombre supérieur à 1 arbitrairement choisi et H une constante dépendant de k.

En se plaçant à ce point de vue pour la démonstration du théorème I, on trouve une proposition générale renfermant les résultats connus. L'expression qui s'introduit dans le théorème de M. Jensen joue un rôle essentiel; posons

$$F(r,x)=\log\frac{r^n}{r_1(x)\ldots r_n(x)},$$

$r_m(x)$ désignant le module du $m^{\text{ième}}$ zéro non nul de $f(z)-x$ et n le nombre des zéros de module inférieur à r; on obtient ce résultat :

II. *A tout nombre k supérieur à 1, on peut faire correspondre un nombre positif $H(k)$ tel que les inégalités*

$$F(r,a)<H(k)\log M\left(\frac{r}{k}\right),\qquad F(r,b)<H(k)\log M\left(\frac{r}{k}\right)$$

ne peuvent avoir lieu simultanément à partir d'une valeur de r si $a\neq b$.

Pour toute fonction d'ordre fini ρ, il existe une suite de valeurs r indéfiniment croissantes pour lesquelles

$$M\left(\frac{r}{k}\right)>M(kr)^{\lambda},\tag{1}$$

A étant un nombre positif dépendant de ρ, l'inégalité ayant d'ailleurs lieu dans les régions où $M(r)$ est effectivement d'ordre ρ, le résultat II renferme donc le théorème I. On peut d'ailleurs régulariser la croissance de $M(r)$ au moyen de fonctions vérifiant la condition de croissance (1), et l'on déduira de la proposition II un énoncé analogue à celui de M. Blumenthal pour les fonctions d'ordre infini (grand théorème de M. Picard), mais plus précis. On voit que les fonctions pour lesquelles la condition (1) est vérifiée à partir d'une valeur de r donnent un énoncé particulièrement simple et sans doute définitif; on a

$$F(r, a) + F(r, b) = h \log M(r),$$

h restant compris entre deux nombres positifs fixes.

D'une façon générale, pour une valeur k donnée, le rapport de $F(r, x)$ à $\log M\left(\frac{r}{k}\right)$ peut se comporter de trois façons différentes :

1° Il peut tendre vers zéro lorsque r croît indéfiniment. Ce cas ne peut se présenter lorsque l'ordre n'est pas entier; dans le cas de l'ordre entier, il peut se présenter effectivement pour une valeur a, alors pour $b \neq a$, on a

$$F(r, b) > H(k) \log M\left(\frac{r}{k}\right)$$

(on retrouve ainsi, en particulier, les résultats obtenus par M. Lindelöf dans le Mémoire cité et relatifs au cas de la croissance régulière, les autres résultats de M. Lindelöf découlent de suite de la proposition II).

2° La limite inférieure pour $r = \infty$ du rapport peut être positive; c'est ce qui a lieu, quel que soit x, dans certains cas de régularité (ordre non entier) ainsi que pour toutes les fonctions d'ordre nul telles que $\frac{\log M(r)}{(\log r)^2}$ soit borné [1].

3° Les limites d'indétermination du rapport pour $r = \infty$ peuvent être différentes, la limite inférieure étant nulle. Ce cas peut se produire pour un ensemble de valeurs x ayant la puissance du continu et partout dense, aussi bien dans le cas de l'ordre non entier que dans celui de l'ordre entier [2].

Je n'ai pu reconnaître s'il existe des fonctions pour lesquelles cette circonstance se produirait quel que soit x.

---

(1) Voir ma Thèse, en particulier page 32.

(2) Voir ma Note *Sur les zéros des fonctions entières d'ordre fini* (*Rendiconti di Palermo*, t. 43).

Je signalerai, enfin, que de l'énoncé II on déduit le suivant, moins précis, mais explicite :

III. *Si $a \neq b$, le nombre des zéros du produit $[f(z) - a][f(z) - b]$ dont les modules sont moindres que r, est supérieur à*

$$\mathrm{H}(k)\frac{\log \mathrm{M}\left(\frac{r}{k}\right)}{\log r}$$

à partir d'une valeur de r.

Cette limite est atteinte lorsque, pour certains r, $\log \mathrm{M}(r)$ est inférieur à $(\log r)^k$, k étant fini.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la stabilité dans le problème des trois corps.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Hadamard.

Dans le problème des trois corps, si la constante des forces vives (= demi-force vive — fonction de forces) est positive, j'ai montré que le mouvement peut présenter trois allures finales différentes quand le temps croît indéfiniment ([1]). Ou bien les trois distances mutuelles sont des infiniment grands d'ordre 1 par rapport au temps : on a appelé un tel mouvement *hyperbolique*. Ou bien deux distances mutuelles sont des infiniment grands d'ordre 1 et la troisième est finie; en général, douze éléments osculateurs convenablement choisis, six éléments hyperboliques et six éléments elliptiques, tendent vers des valeurs-limites finies : on peut appeler un tel mouvement *hyperbolique-elliptique*, et il y en a trois sortes, suivant celui des trois corps qui s'éloigne indéfiniment des deux autres. Ou enfin, cas-limite du cas précédent, deux distances mutuelles sont des infiniment grands d'ordre 1 et la troisième d'ordre $\frac{2}{3}$.

Représentons les mouvements dans l'espace à douze dimensions en prenant pour douze coordonnées les coordonnées relatives d'une masse par rapport à une autre et de la troisième par rapport au centre de gravité des deux premières, ainsi que les projections des vitesses relatives correspondantes. Les mouvements rentrant dans le dernier cas ont lieu sur trois variétés *analytiques* à onze dimensions. Les points de ces trois variétés ne sont denses dans aucune région de l'espace à douze dimensions, et divisent cet espace en continus, comprenant les uns exclusivement des trajectoires hyperboliques,

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1560.

les autres exclusivement des trajectoires hyperboliques-elliptiques de l'une des trois sortes. Donc *le mouvement des trois corps* est instable quand la constante des forces vives est positive, mais *présente une certaine continuité dans sa façon d'être instable.*

Si la constante des forces vives est nulle, les mouvements généraux sont des mouvements hyperboliques-elliptiques, qui ont lieu sur trois variétés analytiques à onze dimensions. Il existe en outre des mouvements où les trois distances mutuelles sont des infiniment grands d'ordre $\frac{2}{3}$, et qui ont lieu sur une variété analytique à neuf dimensions et sur trois variétés à dix dimensions. Donc ici encore *il y a sur chaque trajectoire des valeurs-limites des rapports* (inférieurs ou égaux à 1) *des trois distances mutuelles, et il y a continuité de ces valeurs-limites en fonction de l'origine de la trajectoire.*

Constante des forces vives négative. — On peut diviser les mouvements en trois classes :

1° Deux distances mutuelles sont des infiniment grands d'ordre 1 ou $\frac{2}{3}$, et la troisième est finie; le mouvement est encore hyperbolique-elliptique dans le premier cas;

2° Les trois distances mutuelles sont finies quand le temps croît indéfiniment, comme dans le mouvement elliptique de deux corps, ou dans les solutions périodiques du problème des trois corps;

3° Tantôt les trois corps sont voisins, tantôt l'un d'eux est infiniment éloigné des deux autres : on peut distinguer alors des oscillations successives (¹).

La question de la *stabilité* peut se subdiviser en plusieurs autres : Les mouvements de la troisième classe existent-ils? Que les mouvements de la troisième classe existent ou non, les trajectoires de la seconde classe forment-elles des continus à douze dimensions (ce qui serait la stabilité pratique dans ces continus, au point de vue des maxima des distances mutuelles, et abstraction faite des chocs ou des voisinages possibles des trois corps)?

J'ai obtenu les deux théorèmes suivants :

Théorème A. — *Dans tout volume fini de l'espace à douze dimensions, les points des trajectoires ne possédant pas la stabilité à la Poisson forment un ensemble de mesure nulle* (²).

(¹) Les trois distances mutuelles ne peuvent devenir infiniment grandes simultanément, car le second membre de l'équation des forces vives serait négatif.

(²) C'est-à-dire peuvent être enfermés dans un nombre fini ou une infinité dénom-

Parmi les trajectoires ne possédant pas la stabilité à la Poisson, Poincaré a signalé souvent les trajectoires asymptotes aux trajectoires fermées : si l'on considère le nombre de paramètres dont dépendent les solutions asymptotiques à une solution périodique donnée, et le nombre de paramètres dont on peut supposer que dépendent les solutions périodiques les plus générales du problème des trois corps, le théorème A n'a de ce côté rien d'inattendu. Mais, parmi les trajectoires ne possédant pas la stabilité à la Poisson, figurent évidemment aussi les trajectoires de la première des trois classes que nous avons distinguées. La démonstration du théorème A ne s'applique pas au théorème analogue dans le mouvement plan, ni même dans le mouvement général quand une ou deux masses sont nulles. Or, quand deux masses sont nulles, le problème des trois corps se ramène à un double problème des deux corps : les trajectoires hyperboliques-elliptiques et les trajectoires composées de deux ellipses forment dans tout l'espace à douze dimensions trois continus. Donc, *si la constante des forces vives est négative, les trajectoires hyperboliques-elliptiques sont aussi nombreuses que les autres quand deux masses sont nulles, tandis qu'elles sont*, selon le théorème A, *moins nombreuses que les autres, quand les trois masses sont différentes de zéro.*

Théorème B. — *Dans tout volume fini et donné de l'espace à douze dimensions, les points, origines de trajectoires sur lesquelles deux distances mutuelles deviennent supérieures à une longueur assez grande* L, *à la première oscillation ou en un nombre donné d'oscillations, forment un ensemble de mesure inférieure à* $\frac{k}{L^{\frac{3}{2}}}$, *k désignant une quantité indépendante de* L.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur les éclats intrinsèques et les « diamètres effectifs » des étoiles.* Note de M. Charles Nordmann.

M. J. Wilsing vient de publier dans les Annales de l'Observatoire de Potsdam (vol. 24, n° 76) un intéressant travail sur les couleurs, les éclats

brable d'hypersphères à douze dimensions dont la somme des volumes est inférieure à toute quantité donnée à l'avance. Le théorème A précise une proposition énoncée par Poincaré, selon laquelle la stabilité à la Poisson appartiendrait à l'ensemble des trajectoires et de leurs prolongements analytiques au delà de la valeur infinie du temps, mais non peut-être aux trajectoires elles-mêmes (cf. *Les méthodes nouvelles de la Mécanique céleste*, t. 3, p. 173; et *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 519).

et les diamètres des étoiles déterminés avec l'aide de la loi du rayonnement de Planck. Dans ce Mémoire sont indiqués les diamètres d'un certain nombre d'étoiles calculés d'après leurs parallaxes, leurs grandeurs photométriques et leurs éclats intrinsèques, ceux-ci étant d'ailleurs déduits de leurs températures effectives.

Or j'ai moi-même, il y a plus de dix ans, indiqué et utilisé une méthode identique à celle qu'emploie M. Wilsing, et dans le même dessein ([1]). Je rappelle que j'ai indiqué alors et utilisé la relation suivante qui lie les grandeurs photométriques g_1 et g_2, les distances à la Terre d_1 et d_2, les éclats intrinsèques effectifs E_1 et E_2, et les demi-diamètres R_1 et R_2 d'une étoile et du Soleil

$$\log\frac{R_1}{R_2} = \log\frac{d_1}{d_2} - \left[\frac{1}{5}(g_1 - g_2) + \frac{1}{2}\log\frac{E_1}{E_2}\right].$$

Dans cette relation $\frac{E_1}{E_2}$ est d'ailleurs donné comme je l'avais établi antérieurement ([2]) par

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{e^{\frac{14600}{\lambda\times T_2}} - 1}{e^{\frac{14600}{\lambda\times T_1}} - 1},$$

où T_1 et T_2 sont les températures effectives des deux astres considérés et λ la longueur d'onde (que j'ai posée égale à $0^{\mu},54$) correspondant au maximum de sensibilité visuelle.

C'est pratiquement à cela que se ramène la méthode utilisée par M. J. Wilsing.

Mais il n'est pas moins intéressant de comparer les résultats qu'il vient de publier et ceux que j'avais obtenus en 1911. A cet effet, j'ai mis en regard dans le Tableau ci-après, pour toutes les étoiles communes à ses déterminations et aux miennes, les résultats respectivement obtenus par M. Wilsing et par moi-même. Ainsi qu'il ressort de la formule ci-dessus, ces résultats dépendent de la parallaxe de l'étoile considérée; les parallaxes utilisées par M. Wilsing, ne provenant pas des mêmes sources que celles que j'ai utilisées (d'après l'*Annuaire du Bureau des longitudes* et le *Catalogue de M. Bigourdan*), diffèrent un peu de celles-ci pour certaines des étoiles considérées.

J'ai ramené les nombres de M. Wilsing à ce qu'ils seraient s'il avait utilisé les mêmes parallaxes que moi-même. Les grandeurs photométriques utilisées

---

([1]) *Sur les diamètres effectifs des étoiles* (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 73).
([2]) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 669.

par M. Wilsing ne diffèrent que peu, lorsqu'elles en diffèrent, de celles employées par moi-même, ce qui n'introduit, dans les résultats, que des différences pratiquement négligeables. En revanche, tandis que j'avais utilisé comme grandeur stellaire du Soleil la valeur — 26,83 résultant des mesures récentes de Harvard College (et en bon accord avec le nombre — 26,72 récemment adopté par Russel) M. Wilsing a utilisé pour cette donnée le nombre — 25,93.

On a tenu compte de cette différence et, dans le Tableau ci-dessous, les valeurs des « diamètres effectifs » des étoiles rapportés à celui du Soleil sont, en ce qui concerne M. Wilsing, ramenées à ce qu'elles seraient s'il avait utilisé la même grandeur photométrique du Soleil et les mêmes parallaxes stellaires que moi-même. Dans ces conditions, les nombres de Wilsing et les miens sont rigoureusement comparables.

On a en outre indiqué dans ce Tableau pour chaque étoile les valeurs des températures effectives déterminées ou adoptées respectivement par M. Wilsing et par moi-même.

	Température effective.		Demi-diamètre effectif (celui du Soleil étant 1).	
Étoile.	Nordmann.	Wilsing.	Nordmann (1910).	Wilsing (1920).
Sirius	12200°	16900°	1,13	0,8
Procyon	6810	6200	1,35	1,6
Aldébaran	3500	3300	13,50	15,8
Véga	12200	9400	1,57	2,2
γ Cygne (¹)	5620	6300	2,7	2,0
α Persée	8300	5700	1,83	4,0
Polaire	8200	5600	1,93	4,2
β Andromède	3700	3200	13,0	24,0
β Persée	13800	10500	1,29	1,9

Étant données la difficulté de ces déterminations et l'incertitude complète qui régnait naguère sur ces données, il résulte du Tableau précédent que les résultats obtenus par M. Wilsing sont en excellent accord avec ceux que j'avais publiés dix ans auparavant et obtenus à l'Observatoire de Paris. Pourtant M. Wilsing ne cite pas ces résultats déjà anciens dans son Mémoire de l'Observatoire de Potsdam. Il n'indique pas non plus que l'expression « diamètre effectif », qu'il s'approprie en 1920, a été créée,

(¹) En ce qui concerne γ Cygne, ma Note aux *Comptes rendus* du 9 janvier 1911 indique pour le demi-diamètre effectif, par suite d'une faute d'impression, 0,92 au lieu de 2,7 qui est le nombre résultant du contexte et de la formule employée, comme il est facile de le vérifier immédiatement.

avec le sens qui y est attaché, et introduite pour la première fois dans la Science par moi en 1910 (*loc. cit.*).

Ces constatations n'ont pas besoin de commentaires, les priorités en ces matières ressortant des textes eux-mêmes, et non pas du fait que ces textes sont ou ne sont pas cités.

Il convient d'ailleurs de remarquer à ce propos que les températures effectives adoptées maintenant par l'Observatoire de Potsdam pour les étoiles se rapprochent beaucoup de celles que j'avais indiquées autrefois et sont bien plus élevées que celles qu'il indiquait naguère et qui étaient notablement inférieures aux miennes ([1]). Rappelons aussi que les températures effectives des étoiles sont déterminées à Potsdam au moyen d'un spectrophotomètre fixé au grand équatorial de $0^m,80$, tandis que nous les déterminons à l'Observatoire de Paris au moyen du photomètre hétérochrome fixé au petit équatorial coudé de $0^m,27$. La comparaison des deux méthodes a déjà été faite ([2]) par le professeur Amerio, qui a conclu que la seconde présente des limites d'application et une simplicité beaucoup plus grandes que l'autre, et qu'« elle peut fournir à peu près tout ce qu'il est possible, dans les conditions présentes, d'obtenir dans ce domaine ».

Tandis que la méthode de Potsdam mesure les températures effectives stellaires jusqu'à la grandeur 4,5 avec un objectif de $0^m,80$ ([3]), la méthode que nous employons à l'Observatoire de Paris va jusqu'à la grandeur 7,5 avec un objectif de $0^m,27$. On en déduit facilement qu'avec un objectif donné, la méthode du photomètre hétérochrome permet d'aborder des étoiles de 5,36 grandeurs plus faibles que la méthode du spectrophotomètre, c'est-à-dire que 1000 fois plus d'étoiles, pour le moins, sont accessibles à la première qu'à la seconde (le nombre des étoiles d'une grandeur donnée étant en effet le quadruple de celui des étoiles de la grandeur au-dessous).

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'absorption de l'oxygène.* Note de MM. **J. Duclaux** et **P. Jeantet**.

Nous avons repris, au moyen du spectrographe à prisme d'eau antérieurement décrit (*Société de Physique*, 19 novembre 1920), l'étude du spectre d'absorption ultraviolet de l'oxygène. Nous donnons ici les premiers résul-

([1]) Voir *Publ. des Astroph. Obs. zu Potsdam*, nos 56 et 74.
([2]) *Mem. Soc. dei Spettroscopi italiani*, t. 29.
([3]) *Publ. Potsdam*, n° 76, p. 11.

tats de cette étude : ils se rapportent à la partie du spectre qui s'étend de 1900 à 2000 U. A.

Premier groupe. — Une partie de ce spectre est déjà connue (Schumann, Steubing, L. et E. Bloch). Elle consiste en un certain nombre de bandes résolubles en raies et comprises entre 1830 et 1960 A. Ces bandes sont au nombre de sept (Bloch) : pour la raison qui sera donnée tout à l'heure, nous les appellerons « bandes du premier groupe ».

Nous avons reconnu l'existence d'une huitième bande. Les fréquences des composantes peuvent être exprimées par une formule de Deslandres :

$$N = 50727 - 2,8\,m^2 \qquad (m = 1 \text{ à } 9).$$

Cette bande prolonge le système régulier formé par les sept autres et est exactement à la place que l'on aurait pu calculer par extrapolation. Elle est elle-même suivie d'une neuvième bande dont l'arête correspond à la longueur d'onde 1997 environ, mais sur laquelle nous n'avons pas encore fait de mesures précises.

Deuxième groupe. — Nous avons reconnu l'existence dans la même région d'un nouveau système de bandes très semblables aux premières et que nous désignerons sous le nom de « bandes du deuxième groupe ». Entre 1900 et 2000 Å, ces bandes sont au nombre de quatre, représentables aussi par des formules de Deslandres :

(II)	$N = 52616 - 3,1\,m^2$	(m de 1 à 10),
(III)	$52116 - 3,1\,m^2$	(» 1 à 10),
(IV)	$51585 - 3,0\,m^2$	(» 1 à 10),
(V)	$51021 - 2,9\,m^2$	(» 1 à 8).

Ces bandes sont beaucoup plus faibles que les précédentes et n'apparaissent que si l'épaisseur d'oxygène traversée par les rayons est supérieure à 50^{cm}.

Il y a une relation remarquable entre les deux groupes de bandes. Si nous écrivons l'une en face de l'autre, les deux séries de formules qui les représentent :

	Premier groupe (Bloch).	Deuxième groupe.
(III)	$N = 53670 - 3,02\,m^2$,	$N = 52116 - 3,1\,m^2$,
(IV)	$53139 - 2,98\,m^2$,	$51585 - 3,0\,m^2$,
(V)	$52578 - 2,92\,m^2$.	$51021 - 2,9\,m^2$,

nous voyons que la structure des bandes des deux groupes est exactement la même. Si, maintenant, nous faisons le Tableau des fréquences cor-

respondant aux têtes des bandes et de leurs différences :

Premier groupe.		Deuxième groupe.	
53670		52116	
	531		531
53139		51585	
	561		564
52578		51021	

nous voyons que la distribution des bandes dans les deux groupes est encore la même. En d'autres termes, le deuxième groupe se déduit du premier par une simple translation dans l'échelle des fréquences : on obtient toutes les raies du second en diminuant de 1555 les fréquences des raies du premier. Ce nombre 1555 est une moyenne dont les nombres individuels s'écartent fort peu : pour les 20 raies sur lesquelles ont porté les comparaisons, les extrêmes sont 1552 et 1558. La plus grande partie, sinon la totalité de ces écarts individuels, est imputable aux erreurs de mesure, car une différence de trois unités dans les fréquences correspond dans l'échelle des λ à 0,11 U.Å. environ et cette précision n'a pas été dépassée dans les mesures.

Le nouveau groupe n'est pas limité aux quatre bandes que nous avons mesurées. Nous en avons reconnu deux autres du côté du rouge et deux ou plus du côté de l'ultraviolet. Les mesures dans ces deux nouvelles régions sont beaucoup plus difficiles : en particulier les bandes moins réfrangibles sont très pâles. D'une façon générale, il nous semble difficile d'atteindre les nouvelles bandes avec un prisme de quartz. L'emploi d'un milieu dispersif moins absorbant tel que l'eau semble nécessaire.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le sous-bromure de tellure.* Note (¹) de M. A. Damiens, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons antérieurement démontré que le sous-bromure de tellure est stable seulement à l'état gazeux, et que, à l'état solide, il se présente sous forme d'un mélange de tétrabromure et de tellure. Nous avons pu l'obtenir, quoique instable, à l'état solide, d'abord par trempe de vapeurs, ensuite par réduction ménagée du tétrabromure :

1° Nous avons trempé à très basse température (— 80°), sur une paroi

(¹) Séance du 3 octobre 1921.

de quartz et dans le vide sec, des vapeurs de composition $TeBr^2$. Le produit ainsi obtenu a la même composition que la vapeur.

Le dépôt, maintenu à — 80° en l'absence de toute trace d'eau, est brun chocolat. Revenu à la température ordinaire, il conserve cette couleur. L'humidité l'altère et il devient noir.

L'éther anhydre le dissout à — 80° en se colorant en jaune. La solution éthérée, saturée du produit à la température ordinaire, est jaune verdâtre et elle abandonne à — 80° un précipité brun qui est le sous-bromure vrai.

2° La solution éthérée de tétrabromure est jaune serin. A l'obscurité, elle reste inaltérée après plusieurs mois. A la lumière, elle s'altère assez rapidement; elle brunit et acquiert après quelques minutes au soleil, quelques heures à l'ombre, la propriété de précipiter en brun par refroidissement à — 80°. Toutefois ce fait ne s'observe qu'à l'abri de toute trace d'eau, dans le vide sec par exemple.

D'autre part, la solution éthérée de tétrabromure, mise en contact prolongé avec du tellure très pur et divisé, acquiert, même à l'obscurité, mais lentement, la propriété de précipiter à — 80°.

Le produit brun obtenu dans l'éther à — 80° a pu être séparé par centrifugation et séchage dans le vide. Composition :

		Théorie pour $TeBr^2$.
Tellure pour 100	57,50	55,54
Brome »	44,65	44,46

Ce corps est donc bien, dans ces conditions, le sous-bromure.

Le sous-bromure, lavé dans le vide sec à l'éther anhydre, est *entièrement soluble* dans ce dissolvant. Il se distingue nettement d'un mélange de tétrabromure et de tellure, puisque le tellure est insoluble dans le même dissolvant.

De plus, cette solution est *instable*. Si on la maintient dans le vide, elle laisse déposer après quelques heures du tellure cristallisé sur les parois du tube qui la renferme, et elle prend alors la couleur jaune serin de la solution de tétrabromure.

L'instabilité du sous-bromure vrai est le caractère essentiel de ce composé.

En l'absence d'eau, la décomposition du sous-bromure se réalise complètement par léger chauffage. Le tétrabromure et le tellure se mettent, comme nous le savons, en solution solide, qui est l'état d'équilibre à l'état solide.

Spontanée et assez lente dans le vide sec, la décomposition est instantanée en présence d'une trace d'eau. Par exemple, le corps brun, entièrement soluble dans l'éther anhydre, est complètement insoluble dans l'éther imparfaitement déshydraté : sa coloration devient noire. S'il intervient un excès d'eau, dont le produit est très avide, le tétrabromure précédemment formé s'hydrolyse, donnant de l'oxyde TeO^2 et du tellure noir, tous deux insolubles, et de l'acide bromhydrique :

$$2\,TeBr^2(TeBr^4 + Te) + 2\,H^2O = TeO^2\,aq + Te + 4\,HBr.$$

Les alcalis agissent dans le même sens, mais ils dissolvent l'oxyde, et le tellure noir apparaît seul en raison de son insolubilité.

L'instabilité du sous-bromure rend impossible la détermination du point de fusion et celle du point d'ébullition. Comme propriétés physiques, nous avons constaté qu'il est soluble dans l'éther et le chloroforme et, dans les deux cas, moins soluble à —80° qu'à 20°.

Les caractères chimiques du sous-bromure sont difficilement observables, d'abord à cause de l'instabilité du produit, et surtout à cause de sa sensibilité à l'action de l'eau. Les meilleures conditions d'étude sont réalisées par l'usage d'une solution éthérée : toute altération du produit est alors très manifeste.

Nous avons pensé que le tellure, divalent dans le sous-bromure instable, était *non saturé* à la température ordinaire par comparaison avec le tétrabromure, stable, dans lequel le tellure est tétravalent. Cette non-saturation se manifeste en effet très nettement vis-à-vis de l'iode que le corps absorbe pour donner un produit qui présente tous les caractères d'un bromoiodure de tellure. Cette réaction se fait particulièrement bien en solution éthérée anhydre. La solution éthérée saturée de $TeBr^2$ précipite en rouge par une solution d'iode dans l'éther. Par évaporation dans le vide sec de la solution surnageante, on obtient de beaux cristaux rouge rubis, assez solubles dans l'éther, donc très différents d'une solution solide $TeBr^4 - TeI^4$.

En somme, les faits apportés ici confirment et complètent ceux mis en évidence dans notre Note antérieure. Suivant les conditions d'expérience, on peut obtenir le sous-bromure vrai, instable et hygroscopique, ou ses produits de décomposition, solution solide de tétrabromure et de tellure, stable et non hygroscopique.

Les deux produits qui peuvent donc être préparés ont la composition $TeBr^2$, mais ils se différencient par certains caractères :

	Sous-bromure vrai $TeBr^2$.	Solution solide $TeBr^4—Te$.
Couleur..............	brun chocolat	noire
Homogénéité.........	homogène	homogène (si recuit suffisant)
Stabilité.............	instable	stable
Action eau...........	hygroscopique	non hygroscopique
» alcalis.........	partiellement soluble (résidu Te)	partiellement soluble (résidu Te)
» éther anhydre..	entièrement soluble	partiellement et difficilement soluble (résidu Te)
» iode..........	bromoiodure rouge entièrement sol. éther	mélange $TeBr^4—TeI^4$ ($TeBr^4$ seul et difficilement sol. éther)

Ces deux produits pourraient être regardés à première vue comme deux variétés allotropiques, puisqu'il y a coexistence de propriétés différentes avec une même composition centésimale. Mais en fait l'un des deux produits est un simple mélange.

Beaucoup d'analogies rapprochent la formation du sous-bromure de celle de l'oxyde de carbone à partir du gaz carbonique et du charbon. On peut noter une relation comparable entre la valence des éléments principaux, la plus grande volatilité des composés intermédiaires, leur instabilité à la température ordinaire et leur caractère non saturé. L'étude est seulement plus facile pour l'oxyde de carbone, qui est un gaz très éloigné de sa zone de stabilité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution des dérivés polysulfonés de l'indigo.* Note [1] de M. **Grandmougin**, présentée par M. Le Chatelier.

La constitution des indigos mono et bisulfonés peut être considérée comme établie par les travaux de MM. Vorlaender et Schubert [2]; mais il n'en est pas de même pour le dérivé tétrasulfoné [3].

On sait, en effet, que lors de la sulfonation de l'indigo, les groupes sulfos entrent d'abord en 5 et 5′ et il paraît probable, ainsi que l'auteur

[1] Séance du 3 octobre 1921.

[2] Vorlaender et Schubert, *Berichte*, t. 34, 1901, p. 1861.

[3] Juillard, *Bull. Soc. Chim.*, 1892, p. 619.

l'a suggéré lors de l'étude des dérivés bromés (¹) que les groupes suivants occupent les positions 7 et 7'.

M. Juillard (²), en se basant sur la nuance sensiblement plus violette des dérivés polysulfonés comparée à celles des bidérivés (carmin d'indigo, par exemple), a exprimé l'opinion que la sulfonation ultérieure se faisait en 6 et 6', et que c'est cette position qui, par son caractère érythrogyre, provoquait le violacement de la nuance.

On peut objecter à cette hypothèse que l'entrée d'un groupe sulfo en ortho d'un autre groupe sulfo (donc 5 puis 6) paraît *a priori* peu probable, les groupes sulfos ayant, en général, la tendance de se placer en méta par rapport les uns aux autres. Et comme le groupe imide de l'indigo, qui est le groupe dirigeant principal, a orienté le premier groupe sulfo en para (5), il aura donc la tendance à diriger le second en ortho, c'est-à-dire en 7.

En présence de ces opinions divergentes, nous avions suggéré à M. Deyber, dès 1914, de trancher la question par la voie expérimentale.

Par oxydation de l'indigo tétrasulfoné on obtient l'isatine disulfonée sous forme de son sel potassique déjà décrit par M. Julliard (*loc. cit.*).

Pour y déterminer la position des deux groupes sulfos, nous avons utilisé la propriété bien connue du brome de déplacer le groupe sulfo en s'y substituant. En faisant agir du brome sur une solution concentrée de l'isatine disulfonée on obtient avec un bon rendement la 5.7-dibromisatine bien connue, puis, ultérieurement, la tribromaniline (p. f. 118°).

Comme il est excessivement probable que le brome a pris la place des groupes sulfos, il nous semble ressortir de ces essais que la constitution des dérivés polysulfonés de l'indigo est nettement tranchée en faveur de notre théorie : La substitution se fait successivement en 5, 5', puis en 7 et 7'.

Quant au rougissement de la nuance, on peut évidemment l'expliquer avec la constitution qui vient d'être établie; mais il faut bien reconnaître que ces explications ont toujours un caractère un peu spécieux.

Nous pensons donc qu'il vaut mieux s'abstenir jusqu'au jour où nous saurons évaluer avec certitude l'effet chromatique (bathochromique ou hypsochromique), des chromophores et auxochromes et des groupes secondaires dans une molécule organique complexe. Ce résultat est sans doute encore assez éloigné.

(¹) GRANDMOUGIN, *Berichte*, t. 42, 1909, p. 4410, et t. 43, 1910, p. 937.

(²) JUILLARD, *Rev. gén. Mat. Col.*, t. 14, 1910, p. 225.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Détermination du mouillage et de l'écrémage sur des échantillons de lait altéré.* Note de M. G. **Andoyer**, présentée par M. L. Lindet.

Les échantillons de lait soumis aux experts judiciaires sont souvent, par suite d'une trop longue conservation, dans un état de décomposition avancée. On se trouve en présence d'un coagulum contenant la matière grasse, des éléments minéraux insolubles et des matières albuminoïdes. Ce coagulum nage dans un sérum contenant des sels minéraux, le lactose et ses produits de décomposition et diverses matières provenant de l'altération de la caséine.

Nous avons cherché quelle était la teneur en azote du coagulum, après élimination de la matière grasse, et après déduction des éléments minéraux. Sur de nombreux échantillons, nous avons obtenu d'une façon constante le chiffre moyen de 0,156. Or cette teneur en azote est justement celle de la caséine; il suffit donc, au lieu d'y doser l'azote, d'en déterminer le poids, déduction faite du beurre et des sels.

Cette constatation permet de rendre plus facile l'application de la méthode que MM. Kling et Roy ont imaginée pour l'analyse des laits altérés, et de déterminer un élément de plus : les cendres.

Les auteurs précités évaluent la caséine en déterminant par la méthode de Kjeldahl, la teneur en azote de l'échantillon, sur la totalité duquel ils font porter la destruction sulfurique. Notre mode opératoire est le suivant :

L'échantillon, rendu légèrement acide par l'acide acétique, est filtré sur filtre taré. Après lavages à l'eau distillée et sur des parties aliquotes du filtrats nous déterminons : 1° les cendres solubles, par dessiccation et incinération; 2° les matières albuminoïdes que l'altération a solubilisées. Pour obtenir ce second résultat, nous cherchons la teneur en azote total, par la méthode de Kjeldahl, et nous en multiplions le chiffre par le facteur 6,39.

D'autre part le coagulum, après dessiccation, est épuisé à l'éther, pour en séparer la matière grasse, pesé après élimination du solvant, puis incinéré.

Ces diverses opérations permettent la détermination du beurre, de la partie pouvant être considérée comme inaltérée de la caséine et des cendres insolubles. Ces résultats et ceux que le sérum filtré avait fournis donnent

les teneurs en beurre, caséine et cendres, du lait mis en œuvre et par suite la possibilité d'en calculer le mouillage et l'écrémage.

Nous avons vérifié l'exactitude de cette méthode par comparaison avec celle de MM. Kling et Roy, et obtenu des résultats très satisfaisants comme le montrent les exemples suivants :

		Lait frais analysé par la méthode officielle.	Le même lait altéré après 7 mois. Méthode Kling et Roy.	Méthode proposée.
I.	Beurre en grammes par litre	34,60	34,45	34,40
	Caséine	31,10 (par N total)	31,00	31,20
	Cendres	7,20	?	7,15
II.	Beurre	29,10	28,80	28,80
	Caséine	26,45	26,35	26,30
	Cendres	6,15	?	6,15

GÉOLOGIE. — *Sur le rôle de la fissuration préexistante dans la flexibilité tectonique des roches dures et dans la formation des mylonites.* Note de M. E. **Fournier**, présentée par M. Pierre Termier.

Lorsque des couches plastiques ont été soumises à un refoulement tangentiel, on comprend aisément qu'elles aient pu donner naissance à des plissements dans lesquels elles décrivent les sinuosités les plus variées, sans rupture notable de leur continuité. Il est même facile de réaliser expérimentalement une image du phénomène, en comprimant latéralement une lame plastique ou élastique. Mais, par contre, si l'on tente la même expérience avec une lame rigide, de verre ou de marbre par exemple, on la brise et chacun des fragments au lieu de s'incurver conserve sa forme plane primitive. On serait donc tenté de conclure *a priori* que des cuches constituées par des roches dures, telles que les calcaires compacts, les grès, les quartzites, etc., devraient, lorsqu'elles sont soumises à des refoulements tectoniques, se briser et former, soit des plis anguleux, soit même des compartiments disloqués discontinus. Or l'observation montre, au contraire, que, dans l'immense majorité des cas, les roches les plus dures se comportent, dans les plis, *comme si elles étaient presque aussi flexibles que les couches plastiques* avec lesquelles elles alternent.

Pour expliquer cette *flexibilité tectonique*, on a parfois supposé qu'au moment où les plis se sont formés, les couches de roches dures n'avaient pas encore acquis la consistance qu'elles ont aujourd'hui; cette hypothèse est démontrée inexacte, par le fait que, par exemple pour le Jura, il existe

déjà, dans le Portlandien supérieur, des poudingues renfermant, à l'état de *galets*, les calcaires compacts de l'Astartien, du Rauracien, du Bathonien et du Bajocien, formant les couches dures des zones plissées voisines. De même le poudingue de Palassou des Pyrénées et les poudingues de la Mollasse des Alpes renferment, à l'état de *galets*, toutes les roches dures qui participent aux plis de même âge.

On pourrait aussi être tenté de faire intervenir la compression ou encore une action de torsion très lente, se poursuivant pendant un temps très long, de façon à favoriser une sorte de réajustement moléculaire. On sait en effet que même les métaux les plus durs peuvent être emboutis, laminés et même en quelque sorte coulés, à froid, à condition qu'on les soumette à une pression suffisante. Mais, en réalité, la texture d'une roche dure sédimentaire ou même d'une roche éruptive est assez différente de celle d'un métal ou même d'un alliage (voir les recherches de M. Le Chatelier) et, lorsque l'on comprime une roche dure à haute pression, on ne la rend pas plastique, comme cela se produit pour un métal ou un alliage, mais on l'*écrase*.

Mais on peut expliquer la flexibilité tectonique sans faire intervenir des modifications de structure moléculaire à haute pression : il suffit de remarquer que les roches dures sont toujours, préalablement à tout mouvement tectonique, *extrêmement fissurées*. Dans les calcaires, par exemple, il existe une fissuration intense perpendiculaire à la stratification (diaclases et leptoclases de Daubrée). Cette fissuration est *antérieure aux plis :* en Provence, la *bauxite*, qui est albienne, a pénétré profondément dans les diaclases de l'Urgonien déjà élargies dès cette époque par la corrosion. Le minerai de fer sidérolithique des Causses et les phosphorites, qui sont des dépôts d'âge éocène supérieur et oligocène, ont rempli de même des diaclases corrodées du Jurassique.

Perpendiculairement à la fissuration par *diaclases* et *leptoclases*, existe une fissuration suivant les *joints* de stratification. Cette double fissuration se poursuit *aussi bien en profondeur qu'en surface;* car seule la fissuration due à la gélivité et à la végétation se trouve localisée étroitement dans la partie la plus superficielle des couches. Dans beaucoup de roches sédimentaires ou métamorphiques, dans certains gneiss, micaschistes et schistes phylladiens, une stratification lenticulaire ou enchevêtrée donne lieu à des phénomènes de flexibilité analogues; ce phénomène est particulièrement remarquable dans la curieuse roche connue sous le nom de *grès flexible* du Brésil.

Outre la fissuration, manifestement visible dans les roches dures, il existe une sorte de fissuration potentielle, résultant par exemple de plans de clivage dans les minéraux et aussi de fissures imperceptibles à l'œil nu, mais qui se manifestent avec une netteté parfaite lorsque l'on procède à l'examen microscopique.

Le rôle de la fissuration peut d'ailleurs être constaté directement dans les zones plissées en étudiant en détail la façon dont les diaclases et les joints ont joué dans le plissement. La déviation des plans de diaclases et leur morcellement *en escalier* dans une couche dure plissée, est un phénomène constant : on constate, en outre, très fréquemment, des glissements avec stries et des écrasements avec formation de brèches minuscules, le long de la surface fissurée. Fréquemment, les diaclases, dans une couche dure formant charnière anticlinale, sont plus larges en haut qu'en bas, alors que le contraire se produit dans les charnières synclinales. Les joints et les fractures qui leur sont parallèles favorisent, dans la torsion des couches, leur *glissement* les unes sur les autres : il en résulte toujours la production de *stries* parallèles à la ligne de plus grande pente des joints, souvent accompagnées de production de *micro-brèches*.

Il est évident que cette flexibilité par fissuration ne peut que *s'accentuer avec l'intensification du phénomène de plissement*. De même que Daubrée a démontré que les plis ont une tendance à progresser dans le sens où se produit la diminution d'épaisseur des couches plastiques, de même la fissuration des couches dures ayant nécessairement une tendance à s'accentuer dans le sens où s'est manifestée la dissymétrie du pli, la propagation doit aussi continuer à se faire dans le sens où cette accentuation de la fissuration s'est produite. Lors donc qu'un flanc d'un pli aura dépassé la verticale, les couches plastiques de ce flanc diminueront d'épaisseur par écrasement et *étirement* et la *fissuration* et l'*écrasement des couches dures de ce flanc augmenteront*. Si le phénomène prend une très grande intensité, ces couches dures fissurées finiront par être transformées en *mylonites*.

La fissuration préalable des couches, ou leur disposition en stratification amygdaloïde, lenticulaire ou enchevêtrée, constituent une sorte de phénomène de *prémylonitisation* des roches. On doit donc s'attendre à trouver surtout des *mylonites* dans les *roches dures* susceptibles de fissurations multiples (calcaires compacts, granite, grès durs, quartzites, roches éruptives) et dans les roches à stratification amygdaloïde ou entre-croisées (micaschistes et gneiss).

En ce qui concerne les calcaires, nous nous bornerons à citer ici un

curieux exemple : Sur la route de Beure à Quingey (Doubs), après avoir dépassé la station de tramways de Busy-Larnod, la route recoupe, en tranchée, un pli dans le flanc renversé duquel le Bajocien et le Bathonien chevauchent le Rauracien. Ce chevauchement a donné lieu à un véritable chaos *prémylonitique*, dans lequel les blocs de Bajocien et de Bathonien fracturés, étirés et écrasés, sont recimentés par de la calcite apportée par les infiltrations : il est évident que si le phénomène s'était poursuivi plus longtemps avec la même intensité, il se serait formé là une mylonite typique.

Beaucoup de soi-disant brèches, signalées dans des zones de plissements intenses, ont certainement une origine analogue et sont des mylonites incomplètement écrasées, des *prémylonites*, si l'on veut nous permettre ce néologisme.

GÉOPHYSIQUE. — *Les vraies « lignes directrices » de l'orogénie terrestre.* Note [1] de M. **A. Guébhard**, présentée par M. H. Douvillé.

Pour peu que, sous le nom de « lignes directrices », on n'entende point, par pléonasme, avec Suess [2], celles qui ont reçu, mais celles qui ont donné certaines « directions dominantes », on obtient, pour le « système alpin », à la place du singulier schéma « en tourbillon » qui semble à l'auteur « un des plus étranges résultats de ses études », un tableau d'une tout autre signification.

S'il est exact, en effet, comme je me suis efforcé de l'établir [3], que les premières ruptures de la pellicule protosphérique sous la poussée de dilatation du magma se solidifiant, n'ont fait que rouvrir aux points faibles la soudure autogène, inégalement achevée, des grands « glaçons » ignés constitutifs, ce dut être en partant des champs étoilés des polygones interstitiels, puis en suivant les arcs d'ovales qui en divergeaient, que se produisirent les extravasations sous le poids desquelles les bords flottants de la déchirure s'infléchirent en géosynclinaux, pour servir dorénavant d'égout collecteur au lavage de la surface par les condensations résiduelles de l'atmosphère. Or il est évident que c'est au pied des saillies volcaniques que la cumulation des éjections nucléaires et des déjections célestes, sur

---

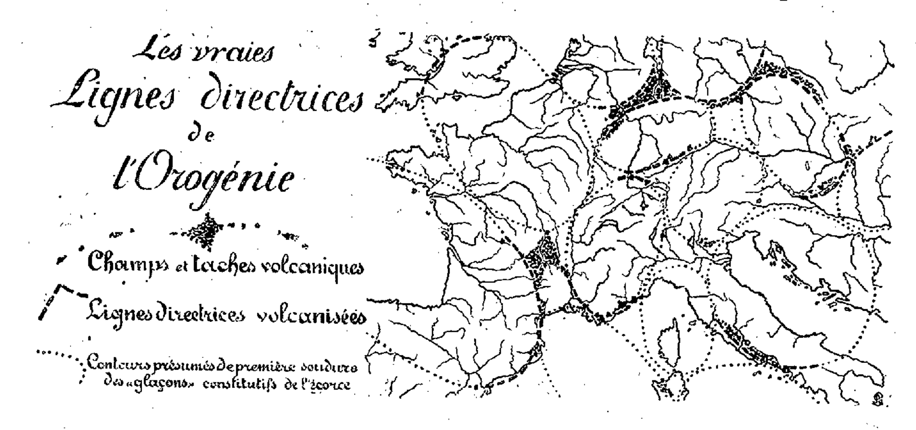
(1) Séance du 3 octobre 1921.

(2) Suess, *Face de la Terre*, t. 1, p. 302, fig. 51.

(3) *Sur la notion de géosynclinal* (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 420).

un fond de cuvette sans cesse isostatiquement abaissé, dut préparer les premiers déclenchements du diatrophisme cortical ([1]) chaque fois que la surcharge toujours croissante des dépôts sédimentaires, surpassant la résistance fort atténuée des couches très chaudes de base ([2]), tendra à les chasser à l'état plastique en une vague de fond, qui débitera en dislocations de son toit et en éjections pseudo volcaniques le potentiel d'énergie développé par l'effondrement initial.

L'existence de fosses au pied des alignements volcaniques et leur parallélisme avec ce qu'on a appelé les « plis » de l'écorce, ainsi que l'évidente



connexion des trois phénomènes, ont bien frappé tous les géologues, mais sans les empêcher d'en méconnaître l'ordonnance causale certaine : le volcanisme en tête préparant la fosse, siège de l'effondrement, provocateur des dislocations superficielles.

Les vraies *lignes directrices*, en tout cela, sont donc celles du volcanisme et un simple coup d'œil averti, sur la mappemonde, fait reconnaître dans les « arcs », « guirlandes « et « ovales » des géographes les portions volcanisées d'anciens contours disjoints, et dans les champs volcaniques incoordonnés qui marquent les rebroussements, les pièces articulaires de jointoiement

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1327.

([2]) Le voisinage de l'isogéotherme de solidification (environ 1400°) a dû maintenir, ou ramener, très souvent à un état proche de la fluidité, les couches de fond qui, distillées de l'atmosphère à une température nécessairement inférieure, et solidifiables encore bien plus bas, sont demeurées sujettes à extrusion, même après la fin de l'ère ignée, en pleine ère de sédimentation aqueuse, sans qu'il soit besoin, comme pour celle-ci, d'invoquer les données physiques relatives à la résistance des matériaux. (Voir *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 150.)

qui conservent à la marqueterie terrestre un reste de souplesse pour ses réajustements, après avoir formé ici des massifs centraux, là des ombilics abyssaux suivant la balance locale des forces centrifuges et centripètes.

En somme, un relevé de toutes les marques subsistantes d'extravasations volcaniques restituerait, avec l'image des premières déchirures de l'écorce (1), celles des vraies directrices pérennes de tout le diastrophisme ultérieur. Il est vrai qu'à chaque crise, le rejet vers le côté continental des excès de charge accumulés dans les fosses, entraîne, par le jeu de l'isostasie, de grandes transformations de rivages, transgressions et régressions, fusions ou séparations de cuvettes voisines, naissance même de cuvettes secondaires, où les lignes de grands fonds, lieux d'élection des effondrements, pourront paraître plus ou moins indépendantes des directions primordiales. Certes des effondrements, même répétés sur place, subissent, chacun, dans ses effets, les influences des précédents (2) et les « charriages » (3) plastiques des époques récentes se différencieront de ceux de l'ère ignée. Mais, pour peu que l'on remonte aux origines, on retrouvera toujours, fût-ce par l'intermédiaire des éjections cristallines qui ont constitué le noyau des futurs « plis », l'influence directrice des fosses primitives et, par conséquent, des volcans eux-mêmes, plutôt que du liséré mésozoïque, bien voyant, mais bien jeune, que Suess a pris pour guide.

Malheureusement un tel relevé, sans une enquête universelle, est rendu presque irréalisable, en l'état présent de la littérature et de la cartographie, par la déplorable confusion qui se perpétue entre les vrais produits *volcaniques* et les éjections *pseudo*-volcaniques des roches de base de l'édifice sédimentaire. C'est ainsi que, sur les cartes de Wägler (4), ne figure aucune des taches volcaniques qui, de Monaco par Antibes, Toulon, Aix-en-Provence, rejoignant l'Ardèche et le Plateau central, permettent de reconstituer près de la moitié d'un grand ovale qui, prolongée vers Kaiserstuhl et le petit

---

(1) S'il était permis de donner au mot « ovale » son sens mathématique, on pourrait, avec les bouts d'arcs reconnaissables, reconstituer les contours individuels non volcanisés des pièces assemblées dont est faite l'écorce. Des cartes bien faites fourniraient au géologue des approximations suffisantes.

(2) Voir *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 454

(3) J'emploie le mot *charriage* à dessein, malgré son impropriété, pour montrer aux géologues qui ont déjà entrevu les origines profondes du diastrophisme, une transition pour ramener aux objectivités souterraines les tracés par trop aériens de certaines coupes, surtout alpines.

(4) *Thèse*, in-8°, Leipzig, 1901.

massif de la Höhgau, dessine visiblement le cadre directeur des Alpes occidentales et du Jura, tout en faisant ressortir leur indépendance tectonique du soi-disant « avant-pays » allemand.

Il est vrai que les multiples confluences de bassins qui ont constitué les géosynclinaux ont pu établir, entre événements très distants et très distincts, un synchronisme paléontologique suffisant pour permettre, à ce point de vue, d'étendre le « système alpin » bien au delà des Alpes, jusqu'à lui faire faire le tour du monde. Mais chaque tronçon a eu tectoniquement sa genèse indépendante et c'est très justement que la langue populaire se refuse à « systématiser » avec les Alpes, les Karpathes, les Appenins et surtout les Pyrénées. L'esquisse ci-dessus, difficilement tracée sur une documentation incertaine, ne saurait valoir que comme indication de ce qui devrait être tenté pour obtenir un tableau qui, même aussi « grossier » que celui de Suess, justifie un peu mieux son titre.

BOTANIQUE. — *La croissance curviligne.*
Note de M. H. **Ricôme**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La croissance curviligne de la tige s'effectue suivant deux modes bien distincts : l'incurvation et la décurvation.

L'incurvation se produit dans deux conditions différentes. Elle survient tantôt à la suite d'un changement d'orientation sans changement dans le régime d'hydratation de l'organe, tantôt à la suite d'un changement de régime aqueux sans changement initial d'orientation.

Dans le premier cas, l'organe déplacé s'incurve pour revenir à son orientation primitive, seule position qui réalise l'équilibre des forces de croissance dans les conditions d'hydratation présentes, lesquelles n'ont pas été modifiées. C'est ce que l'on observe dans la plupart des expériences de géotropisme.

Dans le second cas, nous considérons comme démontré par nous que toute modification dans le régime d'hydratation entraîne fatalement cette conséquence que l'organe abandonne de lui-même son orientation pour en adopter une nouvelle, réalisant l'équilibre de croissance correspondant au nouveau régime aqueux. C'est ce qui se produit lorsqu'on supprime un axe. Les rameaux voisins, mieux approvisionnés, se redressent, et se redressent inégalement et dans la mesure où ils aspirent l'eau. C'est ce qui se produit dans la croissance en sympode où le rameau prend de plus en plus la direc-

tion de l'axe, quelle que soit l'orientation de celui-ci, à mesure que son développement le met dans les mêmes conditions d'hydratation. C'est ce qui se produit lorsque survient un changement extérieur tel qu'une chute de pluie succédant à une longue période de sécheresse. Les tiges rampantes de *Cucurbita maxima* sont coudées *vers le bas* à quelques centimètres de l'extrémité par temps sec; elles deviennent régulièrement arquées *vers le haut* par temps humide. La grappe florifère du *Phytolacca decandra* pousse verticalement vers le bas par temps sec, horizontalement avec sommet relevé par temps normal. Plus tard, le développement de nombreux fruits charnus, soutirant l'eau alors que le poids mort augmente, rend la grappe pendante par une incurvation qui se déplace de la région des fruits jusqu'au long pédoncule. Nous n'avons en vue ici que l'effet de la pesanteur. Mais les incurvations provoquées par l'action inégale de la lumière, de la chaleur et de l'humidité sont de même ordre que celles qui résultent de conditions mécaniques internes inégales, en ce sens qu'elles proviennent surtout de l'inégale répartition de l'eau autour de l'axe de l'organe.

Nous appelons *décurvation* un phénomène de même nature, mais se traduisant par un effet inverse. L'incurvation est un enroulement, la décurvation est un déroulement. On est tenté de juger de l'orientation définitive d'un rameau latéral par la courbe qu'il dessine au moment où on l'examine, et de comparer cette courbe aux courbures obtenues géotropiquement. C'est commettre une double erreur. Beaucoup de rameaux sont dans ce cas. Nous citerons la grappe simple du *Phytolacca*, qui n'a ni ramifications, ni organes foliacés (feuilles ou bractées) susceptibles de troubler le régime aqueux. La très jeune grappe en boutons prend une direction voisine de la verticale, quelle que soit sa position sur la plante. Cette orientation du sommet se maintient pendant plusieurs semaines, bien que la croissance de la grappe fleurie soit horizontale. La courbe terminale, longue de 1^{cm} ou 2^{cm}, se déroule en se reconstituant par l'allongement de l'axe qui produit de nouveaux boutons floraux. Il y a décurvation avec abaissement. Chaque portion prend l'orientation correspondant à la teneur locale en eau.

Dans d'autres cas, plus rares, la décurvation produit un relèvement de l'organe. Il en est ainsi dans les tiges rampantes de *Cucurbita* en période sèche. Les derniers entrenœuds ont une croissance verticale descendante. Vers le 5e ou le 10e centimètre existe un coude assez brusque qui rend la tige arquée vers le haut. La large feuille, en se développant, attire suffisamment d'eau dans l'entrenœud qui la porte pour que celui-ci se redresse au-dessus de l'horizontale en se déroulant, mais elle produit

sur les entrenœuds suivants un effet d'inhibition qui les rend pendants. Par un phénomène analogue, les longs rameaux du Cèdre, privés d'eau par les courts rameaux plus feuillés qu'eux, sont arqués vers le sol. La décurvation se produit dans une région où la croissance secondaire est en pleine activité. La flèche de ces arbres est elle-même couchée. Elle ne peut prendre la direction verticale que fort loin de l'extrémité et n'y réussit pas toujours, faute d'eau.

La croissance en direction oblique d'un rameau suppose un certain manque d'eau, un certain désaccord entre la consommation (transpiration et nutrition) et l'arrivée de l'eau, sinon il pousserait verticalement comme la tige principale (détaché, il pousse verticalement). Mais pour que la croissance d'un rameau oblique s'effectue en ligne droite, il faut qu'en chaque région il existe une certaine relation entre l'effet mécanique du poids mort et la teneur locale en eau. Toutes les fois que la répartition de l'eau le long de l'organe est autre, le rameau est nécessairement courbe et sa croissance est curviligne. La croissance terminée, le rameau se trouve droit ou courbe.

BOTANIQUE. — *Sur ce que les graines fournissent aux plantes adultes.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Toute graine, comme on sait, renferme une petite plante en miniature accompagnée de matières de réserve, soit à son intérieur (cotylédon), soit à son extérieur (albumen, périsperme, etc.). Utilisant ces dernières, la plantule s'accroît et donne une jeune plante qui se nourrissant ensuite, et même simultanément, aux dépens du sol, devient, peu à peu, adulte. Le problème que j'ai envisagé est celui de savoir quelle est la part qui, dans cette plante adulte, provient de la graine. Il faut remarquer que, dans les conditions habituelles, c'est-à-dire lorsque la graine est semée dans le sol, la réponse est difficile à donner, car la jeune plante passe insensiblement de l'état primitif à l'état adulte et qu'il est, pratiquement, impossible de dire ce qui revient au premier et au second. Pour tourner, dans une certaine mesure, la difficulté, j'ai fait germer des graines sans leur fournir aucune autre nourriture que de l'eau distillée et le carbone que le végétal puise dans l'atmosphère grâce à la chlorophylle qu'il développe à la lumière. Dans ces conditions, on peut admettre que ce que l'on obtient provient de

la graine ([1]) et répond, par suite, à la question posée. Pratiquement, les graines étaient mises à germer dans de l'eau distillée (dans du verre), soit employée telle quelle, soit, ce qui est plus commode, mélangée à une substance inerte servant de substratum (par exemple de la sciure de bois, de la pierre ponce granulée, du sable lavé, du sphagnum, du coton hydrophile, etc.), le tout étant laissé à la lumière jusqu'à ce que la plante ainsi obtenue cesse de croître et meure, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'elle ait donné tout ce qu'elle a pu fournir ([2]). J'ai opéré sur une cinquantaine de semences; j'eusse désiré que ce nombre fût plus élevé, mais les circonstances ne m'ont pas permis, pour l'instant, de le faire (un très grand nombre de semences ne germent pas, aussi bien celles que l'on récolte dans la Nature que celles que l'on achète chez les marchands grainetiers. Ces graines étaient aussi différentes que possible les unes des autres, soit par la nature de leurs matières de réserve et leurs dimensions que par leur place dans la classification. Des premières constatations faites, il résulte que la « quantité de plante adulte » renfermée en puissance dans la graine, quoique constante pour une même espèce, est extrêmement variable d'une espèce à une autre, ainsi qu'on va le voir par quelques exemples, indiqués par ordre de « rendement » *à peu près* décroissant.

Fève. — Racine de 5^{cm} à 6^{cm} avec nombreuses radicelles. Hypocotyle presque nul. Tige de 33^{cm} de long et 4^{mm} à 5^{mm} d'épaisseur. Deux feuilles primordiales avec rameaux axiliaires de 2^{cm} à 3^{cm} de long. Quatre feuilles semblables aux adultes avec stipules de 5^{mm}, pétiole de 1^{cm}, deux folioles (2^{cm} à 3^{cm} de long et 1^{cm} de large) et une petite vrille terminale de 5^{mm}. Bourgeon terminal très différencié. Bourgeons cotylédonaires très nets, souvent un peu développés.

Soja. — Racine de 15^{cm} de long, couverte de radicelles. Hypocotyle de 11^{cm} de long (2^{mm} d'épaisseur). Tige de 33^{cm} de long (environ 2^{mm} d'épaisseur). Deux feuilles simples ($2^{cm},5$ sur $1^{cm},7$) Trois feuilles à trois folioles (pétiole de 3^{cm}; limbes de $2^{cm},9$ sur $2^{cm},2$). Bourgeon terminal très différencié.

Arachide. — Racine formant un abondant chevelu de 5^{cm} à 7^{cm} de long. Hypocotyle de $1^{cm},5$ de long sur $0^{cm},45$ d'épaisseur. Tige de 23^{cm} de long (3^{mm} d'épaisseur). Huit feuilles : pétiole de 2^{cm} à 6^{cm}, portant quatre folioles d'au plus $2^{cm},3$ sur $1^{cm},3$

([1]) En réalité, il y a aussi une quantité presque infinitésimale provenant du récipient de verre dans lequel on fait les germinations. Je ne tiens pas compte non plus de l'oxygène de l'air dont l'intervention dans la respiration se solde plutôt par un déficit.

([2]) Dans quelques cas (Fève, Capucine, etc.), elle aurait pu, théoriquement, fournir un rendement plus élevé, car au moment de la cessation de l'accroissement, les cotylédons renferment encore une très forte proportion de matières de réserve, qui restent, ainsi, inutilisées.

et deux stipules de $1^{cm},2$ de long. Bourgeon terminal et bourgeon cotylédonaires très différenciés,

Potiron. — Racine et radicelle d'environ 11^{cm} de long. Hypocotyle de 5^{cm}. Tige de 4^{cm} (6^{mm} d'épaisseur à la base). Six feuilles : limbe d'au plus 4^{cm} de diamètre.

Capucine. — Racine avec nombreuses radicelles de 5^{cm} à 9^{cm} de long. Tige de 9^{cm} de long (2^{mm} d'épaisseur). Cinq feuilles : pétiole de 5^{cm} ; limbe de $1^{cm},5$ de diamètre.

Pois. — Racine de 6^{cm} avec radicelles. Tige de 13^{cm} (2^{mm} d'épaisseur). Cinq feuilles avec trois folioles d'environ 6^{mm} de long.

Soleil, Belle-de-nuit, Cresson alénois, Cytise, Luzerne, Sarrasin, Chou. — Petites plantes réduites à un hypocotyle, une tige presque insignifiante et des feuilles très petites.

Artichaut, Basilic, Cardon, Carotte, Céleri, Cerfeuil, Laitue, Chicorée, Panais, Pissenlit. — Petites plantes réduites à un hypocotyle et à une ou un petit nombre de feuilles minuscules.

Baguenaudier. — Petite plante réduite à un hypocotyle et une tige minuscule.

Ajonc, Alkékenge, Ansérine, Aubergine, Baselle, Betterave, Épinard, Oseille, Piment, Radis, Scorzonère. Tomate. — Petites plantes réduites à un hypocotyle et à un bourgeon terminal à peine différencié.

Les exemples précédents sont relatifs aux graines de Dicotylédones. Il est nécessaire de les compléter par quelques autres relatifs aux Monocotylédones, dont les semences et, plus particulièrement l'embryon, sont assez différentes des précédentes. Ces semences (quelques-unes, comme les caryopses, sont, en réalité, des fruits), ne donnent, généralement, que des feuilles au nombre d'une seule (Oignon, Dattier), de deux ou trois (Blé, Maïs) ou de six à sept (Canna). Quelques-unes, cependant, « poussent en tige », comme, par exemple, l'Asperge, qui donne une tige longue de 35^{cm} couvert d'une trentaine de petits rameaux en aiguille.

En résumé :

1° Les graines fournissent à la plante adulte une contribution qui peut être considérable (Fève, Soja, Arachide, Potiron, Capucine), assez faible (Pois) ou très faible (Chou, Sarrasin, Luzerne, Artichaut, Basilic, Baguenaudier, Ajonc, Alkékenge, Radis, Tomate, etc.), ce dernier cas étant, de beaucoup, le plus répandu ;

3° Le plus ou moins de rendement ne semble pas conditionné par la nature de la matière de réserve, mais, plutôt — *jusqu'à un certain point* — par le plus ou moins grand volume des graines ;

3° Ce qui semble agir le plus dans le rendement des semences « en plante adulte » paraît être plus particulièrement leur « tempérament » spécial et leur place dans la classification. C'est ainsi que ce rendement est très notable dans plusieurs Légumineuses (Fève, Soja, Arachide), mais il n'y a là aucun fait général, car dans la même famille peuvent se rencontrer des graines à rendement très médiocre (Pois, Baguenaudier, Ajonc, Luzerne).

D'autre part, le rendement est élevé chez le Potiron et la Capucine, qui n'ont aucune affinité avec les Légumineuses;

4° Les semences peuvent contribuer à l'édification de la racine, de l'hypocotyle, de la tige et des feuilles, mais jamais de la fleur.

ENTOMOLOGIE. — *Anophélisme et cuniculiculture.* Note de M. **Jean Legendre**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans deux travaux précédents, j'ai signalé, d'après des observations en Saintonge, au printemps 1913, que « dans les régions à *A. maculipennis*, la protection de l'homme par le lapin domestique est particulièrement intéressante, puisque l'élevage de ce rongeur est à la portée de tous (1) », et mis en évidence, avec A. Oliveau, « le rôle du lapin dans l'attraction et la nutrition de l'*A. maculipennis* » en automne et en hiver, sur la côte de Provence (2).

Il était important de rechercher si, pendant la multiplication estivale de ce moustique, le pouvoir attractif et nutritif du petit rongeur ne serait pas diminué aux dépens de l'homme et des animaux domestiques.

Quarante observations ont été faites du 10 mars au 12 août, à Fréjus, dans les mêmes habitations qu'en hiver, en outre, dans une grande ferme comptant chevaux, porcs, chèvres, lapins, volaille, et dans un hôpital dont l'animalerie abrite 12 lapins, 60 cobayes et 1 mouton. Ces recherches, réparties sur 5 mois, montrent que les goûts de l'*A. maculipennis* sont, au printemps et en été, les mêmes qu'en hiver, pour le gîte et la nourriture.

L'imago recherche la lapinière comme gîte, presque à l'exclusion des autres locaux. Cette préférence ne tient pas aux dimensions réduites et à l'obscurité des cages, puisque des cages contiguës, en tous points identiques, celles habitées par des lapins, sont fréquentées par de nombreux Anophèles, tandis que celles abritant des poules ne contiennent pas un moustique. Cette préférence cesse avec la disparition du rongeur, y eût-il des hommes, des chevaux ou des porcs à moins de 10^{m}; par contre, elle s'exerce si les lapins sont enclos dans une ancienne écurie, sans plafond, à toiture élevée. Le choix quasi exclusif des lapinières comme gîte d'hiver n'est pas déterminé par la température qui n'est pas plus élevée que dans les poulaillers. D'ailleurs, l'*A. maculipennis* trouverait dans l'habitation

(1) *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 766.
(2) *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 822.

humaine des locaux obscurs, plus tranquilles et plus chauds. A la vérité, *ce moustique aime vivre toute l'année dans l'atmosphère de la lapinière*, qui lui offre abri et nourriture à son goût, et où il reste en été, après son repas de sang, à mûrir ses œufs. Cette année il a commencé à pondre fin mars. Les Anophèles sont parfois si nombreux que certains éleveurs ont grillagé leurs cages; malgré cela, le moustique n'entre guère dans les habitations; il va, sans doute, chez les lapins des voisins.

L'*A. maculipennis* se tient suspendu à la face inférieure des plans horizontaux de son gîte, de préférence sur les toiles d'araignée, où il est facile à voir. Après son repas de sang, *il se pose au plus près;* ce n'est donc que par hasard qu'on peut trouver dans une chambre des individus ayant piqué des poules, à moins que ces poules ne perchent dans l'habitation.

L'*A. maculipennis se nourrit normalement sur le lapin*, exceptionnellement sur l'homme, l'oiseau ou le cheval, moins rarement sur le porc et la chèvre; cela se passe ainsi, même *lorsque l'habitation est contiguë aux logements des animaux.* Sur 65 frottis de sang prélevés dans l'estomac de l'insecte, deux seulement, récoltés en juillet dans des poulaillers où les Anophèles étaient systématiquement recherchés, contenaient du sang d'oiseau (poule), dont le noyau des hématies résiste à la digestion plus que les noyaux de leucocytes des mammifères.

Lapins et cobayes, séparés par une cloison, sont à peu près également piqués (2 observations).

Ce diptère déserte les communs d'où l'on a exclu les lapins, même s'il y existe d'autres animaux. Dans ma Communication précédente, j'ai déjà signalé « qu'on ne trouve pas d'Anophèles dans les lapinières inhabitées ». A la ferme du Centre d'Aviation, la suppression totale des lapins, au 14 juillet, y causa la disparition des Anophèles, malgré que gardien, chevaux et porcs aient continué d'habiter des locaux contigus.

La cuniculiculture constitue donc une protection efficace contre la malaria d'Europe transmise par l'*A. maculipennis;* elle est facile dans les districts marécageux où l'élevage du gros bétail est impossible faute de pâturages et de terres propres à la culture fourragère. Les lapinières, écrans contre les moustiques, seront placées du côté du ou des marais. D'après ce que j'ai observé à Fréjus, la contiguïté de l'habitation et des lapinières semble donner une sécurité complète. Plus l'élevage sera important, mieux sera assurée la défense.

Peut-être en d'autres pays d'Europe où vit l'Anophèle, ce moustique, à défaut ou non de lapin, pique-t-il de préférence un autre animal? Les

insectes parasites délaissent parfois la faune autochtone aux dépens des animaux importés.

A la prophylaxie tellurique contre la malaria, par suppression du marais et améliorations foncières, à la prophylaxie chimique et mécanique vient donc s'ajouter la prophylaxie biologique, que j'ai dénommée *zoobiologique* parce qu'elle utilise les animaux et combine l'*offensive* contre les larves par la pisciculture dans les eaux où elles vivent, et la *défensive* contre l'imago par l'élevage des animaux qu'il préfère. Inférieure à la prophylaxie tellurique, mais très supérieure à l'autre, la méthode biologique trouvera son application idéale dans les pays à rizières, marais artificiels plus malarigènes que les naturels et qu'on crée chaque année à la saison paludéenne pour la subsistance de l'homme.

Pisciculture, cuniculiculture et autres élevages sont productifs; cette considération doit inciter à les pratiquer dans nos colonies où la malaria est très meurtrière, et où il importe de rechercher les animaux domestiques les plus aptes à détourner de l'homme la piqûre des Anophélines infectantes.

ZOOLOGIE. — *L'extrême variabilité des Epinoches roscovites.* Note de M. **Léon Bertin**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Nous avons établi dans une Note antérieure ([1]) que les Épinoches à trois épines dorsales, constituant le genre *Gasterosteus sensu stricto*, ne peuvent être réparties en espèces bien distinctes, mais plutôt en un certain nombre de types réunis par de nombreux intermédiaires. En d'autres termes, il semble n'exister que la seule espèce *G. aculeatus*, très plastique et malléable sous des conditions diverses de température et de salinité, c'est-à-dire se modifiant progressivement du nord au sud et des eaux douces à l'eau saumâtre des estuaires.

Afin d'appuyer sur des arguments nouveaux la conception transformiste qui précède, nous avons entrepris, et il serait désirable que l'on entreprît dans plusieurs pays d'Europe, l'étude de la répartition géographique des Épinoches. Mais une remarque préliminaire s'impose : il ne suffit pas de pêcher quelques Épinoches par-ci par-là, *il faut en recueillir un grand nombre dans chaque localité*. En effet, les Épinoches sont extrêmement variables en un même lieu, et chacun de leurs caractères, oscillant de part

([1]) *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 623.

et d'autre d'une valeur moyenne, doit faire l'objet d'une *statistique* qui précisera cette valeur. Nous allons le montrer par l'exemple des Épinoches roscovites.

I. *Lieu de capture.* — Fossés d'eau saumâtre traversant un polder, près de la station biologique de Roscoff.

II. *Taille.* — Au mois d'août, la taille des Epinoches d'une même troupe varie de 20mm à 40mm. La longueur moyenne 30mm est aussi la plus commune.

III. *Nombre d'épines dorsales.* — Normalement de 3 (caractère du genre *Gasterosteus*), le nombre des épines est de 4 chez 5 Épinoches sur 350 (soit 1,5 pour 100). La quatrième épine est insérée entre la deuxième et la troisième épines des individus normaux.

IV. *Nombre de plaques latérales.* — Les Epinoches n'ont pas d'écailles, mais des plaques osseuses constituant une carène dorsale et une cuirasse latérale. Pour ce qui est de cette dernière, elle peut être étendue dans toute la longueur du corps, interrompue sur les flancs avec carène caudale ou localisée dans la partie antérieure du tronc. D'où les types *trachurus*, *semiloricatus*, *semiarmatus* et *leiurus* de Cuvier. Les Épinoches roscovites appartiennent à ce dernier type, mais :

a. Le nombre des plaques latérales varie de 2 à 7 sur chaque flanc. Nombre minimum de plaques pour une Épinoche 4 (2 + 2). Nombre maximum 14 (7 + 7).

b. Le nombre des plaques est indépendant de la taille du poisson. Des Épinoches de même taille ont des nombres de plaques différents. Des Epinoches ayant le même nombre de plaques ont des tailles différentes.

c. 115 Épinoches sur 350 (soit $\frac{1}{3}$ environ) n'ont pas le même nombre de plaques sur les deux flancs. La différence est de une ou de deux unités. Le nombre le plus élevé est tantôt à droite, tantôt à gauche.

d. Les 700 « flancs d'Épinoche » se répartissent ainsi :

Nombre de plaques.......	2	3	4	5	6	7
Nombre de flancs.........	21	128	319	216	13	3

e. 24 Épinoches sur 350 présentent une carène caudale formée de quelques petites plaques. Il est remarquable que ces individus carénés ont aussi les nombres les plus grands (5, 6 ou 7) de plaques à la partie antérieure du corps. Ce sont donc les individus les mieux armés à tous points de vue. Ils se rapprochent des types *semiarmatus* et *semiloricatus*.

V. *Nombre de rayons aux nageoires.* — Ce caractère, qui fut employé par quelques naturalistes pour la distinction des espèces d'Épinoches, est en réalité aussi variable que le nombre des plaques latérales.

a. Pectorales. — 8 à 11 rayons; nombre 10 de beaucoup le plus fréquent puisqu'il a été observé dans 93 pour 100 des cas. Chez 4 pour 100 des Épinoches roscovites le nombre des rayons diffère de la pectorale droite à la pectorale gauche, de une ou de deux unités.

b. Dorsale. — 8 à 13 rayons; nombres 11 et 12 les plus fréquents.

c. Anale. — 7 à 12 rayons; nombre 9 le plus commun.

d. Caudale. — Généralement 12 rayons. 4 Épinoches sur 350 à 11 rayons. 1 Épinoche à 11 rayons dont 1 bifurqué (passage à 12 rayons). 1 Épinoche à 12 rayons dont 1 bifurqué.

En résumé les Épinoches roscovites doivent être définies par les chiffres suivants, résultats de statistiques : taille 30^{mm}; nombre d'épines dorsales 3; nombre de plaques latérales 4; nombre de rayons aux nageoires P. 10, D. 11, A. 9, C. 12.

Ce sont ces chiffres, obtenus sur un grand nombre d'Épinoches pêchées au même endroit, qui devront être comparés plus tard à des chiffres obtenus de la même manière sur les Épinoches des autres localités.

PHYSIOLOGIE. — *Recherches expérimentales sur les variations de la sensibilité autour de la tache de Mariotte.* Note [1] de M. **C. Michailesco**, transmise par M. Breton.

Les dimensions angulaires moyennes assignées par les différents observateurs à la tache aveugle oscillent autour de 6° ou 5°30′. Cependant Young avait trouvé un diamètre apparent à peine supérieur à 3°.

Nous avons étudié aussi notre tache de Mariotte. En nous plaçant dans les conditions habituelles d'éclairage nous avons retrouvé les résultats classiques; en particulier les prolongements de la tache par les vaisseaux rétiniens vus par Tscherning.

Néanmoins, nos dimensions sont un peu inférieures aux moyennes habituelles. Nous n'avons trouvé, en effet, que 4°40′ de cécité absolue. Mais, en revanche, nous avons constaté l'existence d'une zone de perception imparfaite, d'une largeur de 1°30′ environ, tout autour de la tache de Mariotte.

Les dimensions ci-dessus représentent le début de la perception du plus petit index (1^{mm}), venant du centre de la tache et entrant dans cette zone; mais l'index n'est bien vu, avec sa forme, sa couleur et ses dimensions, qu'à la sortie de cette zone.

Nous avons étudié cette zone de perception imparfaite par la méthode du minimum perceptible et nous avons pu le faire grâce à la méthode classique de la fixation de l'index dans l'obscurité. Nous n'avons obtenu des résultats corrects, par cette méthode, qu'après plusieurs semaines d'exercice. Nous avons alors pris comme source lumineuse une région limitée du diffuseur du photoptomètre de Charpentier. Nous avons déterminé,

(1) Séance du 1er août 1921.

d'abord, notre minimum perceptible, et à l'aide d'un périmètre, placé devant le diffuseur et un peu au-dessous; puis nous avons déterminé les limites de la tache de Mariotte, de chaque œil, pour ce minimum perceptible. Nous avons trouvé que le diamètre horizontal de notre tache de Mariotte est compris entre 12° et 19°40′, c'est-à-dire il est de près de 8°, presque deux fois plus grand que le diamètre de notre tache dans les conditions d'éclairement habituel.

En augmentant progressivement l'intensité lumineuse, à l'aide de l'œil de chat, nous avons trouvé les dimensions suivantes pour le même diamètre :

Pour une intensité deux fois plus grande que le minimum perceptible : 7°(12°-19°). Pour une intensité quatre fois plus grande : 6°(12°-18°). Pour une intensité dix fois plus grande : 5°(12°-17°) et pour une intensité vingt fois plus grande et maxima pour l'œil de chat et la plus petite plage : 4°30′(12°10′-16°40′). La variation de l'étendue s'est produite surtout du côté temporal de la tache.

Dans une troisième série d'expériences nous avons cherché à impressionner la tache de Mariotte par des éclats lumineux plus considérables. Dans ce but nous avons employé une lampe demi-watt à surface d'émission très peu étendue, placée dans une boîte étanche, où l'on avait réservé un petit diaphragme circulaire variable. L'intensité du courant d'alimentation nous servait de base d'évaluation pour les éclats employés.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

Avec une intensité de 7 ampères, la tache de Mariotte était réduite à un diamètre horizontal de 4° (12°30′-16°30′).

Avec 13 ampères, le diamètre était de 3°30′, et avec 15 ampères, il était de 3° (13°-16°).

A partir de cette intensité, le diamètre de la tache ne diminuait plus, même pour le maximum de l'intensité donné par l'appareil (19 ampères).

Le fait le plus remarquable que nous avons observé est le suivant : à partir d'un éclat correspondant à une intensité de 10 ampères, on n'obtient plus, lorsque la lumière tombe sur la tache, une obscurité complète, mais un brouillard lumineux, d'autant plus intense que le foyer est plus lumineux. Il reste, cependant, une zone d'obscurité complète difficile à obtenir, très petite, presque punctiforme, au centre du brouillard.

Nous avons encore remarqué, dans ce brouillard et dans les deux diamètres, une sorte de striation en forme d'éventail convergeant vers le centre de la tache.

Les phénomènes sont les mêmes au travers de filtres rouges ou bleus; ils prennent la couleur du filtre employé.

Les auteurs ont cherché à expliquer ce brouillard par la diffusion de la lumière dans l'œil. Cela nous semble difficilement conciliable avec l'aspect en éventail que nous avons observé et aussi avec le fait qu'il est beaucoup plus intense et beaucoup moins étendu quand l'image se produit sur le bord même de la tache aveugle.

Faut-il voir là la preuve d'une excitation directe des fibres du nerf optique par la lumière très intense? Cela semble difficile à concilier avec la conservation de la couleur excitatrice. L'interprétation complète des phénomènes appelle de nouvelles études.

BIOLOGIE. — *Tropismes et tonus musculaire.* Note de M. **Étienne Rabaud**, présentée par M. Paul Marchal.

Suivant la conception de Lœb, actuellement admise par la plupart des naturalistes, l'orientation des organismes vis-à-vis des excitants du milieu, les tropismes, résulterait du fait que ces organismes ayant une organisation symétrique sont entraînés dans une position telle qu'ils reçoivent des excitations symétriques. De fait, la lumière, par exemple, exerce une action marquée sur le tonus musculaire et la diminution unilatérale de ce tonus modifie la marche ou le vol; certains Papillons aveuglés d'un seul côté sont animés d'un mouvement de manège.

Seulement, si ce processus explique que les organismes puissent être orientés d'une certaine manière, il n'explique pas comment, suivant les cas, *les mêmes muscles entrant en jeu*, l'animal va vers l'excitant ou en direction opposée. Et c'est en cela, me semble-t-il, que résident essentiellement les tropismes.

Pour étudier la question, j'ai trouvé dans une Araignée (*Argiope bruennichi*) un matériel expérimental tout à fait favorable. Cette Araignée se tient constamment immobile au milieu de sa toile, le céphalothorax en bas; elle répond facilement et rapidement aux vibrations d'un diapason.

L'expérimentateur peut ainsi placer l'excitant dans une position bien définie par rapport à l'animal. J'ai donc posé le diapason vibrant sur le bord supérieur de la toile dans le prolongement de l'axe longitudinal du corps de l'Araignée. Dans ces conditions, recevant des excitations symé-

triques, l'Araignée ne devrait pas bouger, à moins qu'elle ne vienne à reculons vers le diapason; or, elle exécute une rotation de 180° et vient vers le diapason, le céphalothorax en avant. Sans doute, à la fin du mouvement, elle occupe une position symétrique vis-à-vis de l'excitant; elle n'en commence pas moins par abandonner sa position primitive, également symétrique par rapport au même excitant et qui devrait être logiquement une position d'équilibre équivalant à la première.

Ce premier résultat conduisait à rechercher comment se comporterait une Argiope mise dans l'impossibilité de recevoir des excitations symétriques. Après avoir amputé les deux pattes antérieures d'un seul côté à plusieurs individus, j'ai de nouveau posé le diapason au bord supérieur de la toile dans le prolongement de l'axe longitudinal du corps. Les vibrations portant presque exclusivement sur les pattes, ces individus auraient dû, suivant la théorie classique, tourner indéfiniment en cercle; or tout comme les Argiopes intactes, elles sont venues vers le diapason en effectuant une simple rotation de 180°.

En face de données si nettement en contradiction avec les idées dominantes, il était indispensable de procéder à des expériences parallèles en prenant la lumière comme excitant. J'ai donc introduit dans un tube suffisamment long et large des Orthoptères Acridiens (*Stenobothrus bicolor*, *Caloptenus italicus*), puis j'ai disposé le tube de telle sorte que les Insectes regardent à l'opposé du Soleil tout en recevant des excitations exactement symétriques : ces Insectes ont exécuté eux aussi une rotation de 180°, abandonnant ainsi leur position d'équilibre. La constatation faite, je vernis un œil, l'ocelle du même côté et l'ocelle médian de chacun de ces Insectes et je les replace dans la position initiale, la tête dirigée à l'opposé du Soleil : de nouveau les Acridiens tournent de 180° et s'arrêtent face au Soleil.

Ces faits ne s'accordent guère avec la conception de l'excitation symétrique; mais ils ne s'accordent pas non plus avec les mouvements de manège provoqués par l'oblitération d'un seul œil chez divers Papillons. Force nous est d'admettre que tropismes et tonus musculaire sont deux choses distinctes. L'étude de Papillons partiellement aveuglés en fournit la preuve. Un *Pieris rapæ* dont on vernit un œil vole en décrivant de grandes orbes; mais on remarque que l'Insecte ne suit pas une courbe régulièrement circulaire, qu'il tend à gagner vers les régions les plus éclairées. Partant de données acquises au cours de précédentes recherches, j'ai aussitôt pensé que l'action motrice très considérable exercée sur ces Papillons par les excitations lumineuses masquait leur action attractive;

il en découlait que le vernissage unilatéral ne devait pas modifier sensiblement le vol de Papillons, tels que les Sphinx, à surface oculaire relativement réduite, à musculature puissante dominée par des excitations périphériques autres que les excitations lumineuses. Et, en effet, des *Macroglossa stellatarum*, des *Protoparce convolvuli*, partiellement aveuglés et placés au fond d'une pièce, gagnent directement la fenêtre. Dans un cas, le Sphinx aveuglé à droite, ayant subi une déviation légère qui l'entraînait contre le mur, vers la gauche, rectifia sa direction en obliquant à droite vers la fenêtre. Lâchés au dehors, ces Papillons sont partis en ligne droite.

Des essais avec divers Diptères à vol soutenu (*Eristalis tenax*, notamment) m'ont donné des résultats montrant la distinction qui s'impose entre la translation pure et l'attraction. Chez ces Insectes, les effets des excitations lumineuses se font surtout sentir sur les muscles des pattes; les muscles alaires sont plutôt soumis à des excitations périphériques d'un autre ordre. Aussi, après vernissage d'un œil, les Éristales ont-ils une démarche plus ou moins circulaire, tandis que leur vol n'est pas modifié. Chez de nombreux Insectes à surface oculaire réduite (Acridiens, Locustiens, divers Coléoptères) le vernissage unilatéral ne produit qu'un effet peu ou pas appréciable.

Enfin, dans le cas où l'excitant repousse l'animal (tropisme négatif), il ne s'agit pas davantage d'excitation symétrique. Sans entrer dans les détails, je puis dire que l'animal se place d'une façon quelconque par rapport à l'excitant et prend toutes les directions, sauf celle qui mène à l'excitant.

Il y a donc deux réflexes distincts : l'un de translation, l'autre de direction. Me fondant sur divers faits que j'exposerai ultérieurement, je crois pouvoir avancer que ces réflexes ne portent nullement sur les mêmes muscles. Ceux-ci diffèrent par leurs insertions, par le mode d'articulation des parties qu'ils font mouvoir; dans certains cas les mouvements sont limités, dans d'autres ils sont plus étendus, et l'on comprend bien que si, dans le premier cas, des excitations symétriques assurent une démarche correcte, des excitations non symétriques suffisent, dans le second cas, pour imprimer au corps une direction plutôt qu'une autre.

J'indiquerai, en terminant, qu'il devient fort difficile, en conséquence de ces données nouvelles, de considérer comme de même nature tous les processus qui, chez les plantes et les animaux, produisent un effet d'orientation.

HISTOLOGIE. — *Sur la chromophilie de la granulation dite* azurophile. Note de M. **L. M. Betances**, présentée par M. Henneguy.

Nous venons de constater un fait qui nous semble assez intéressant à signaler tant au point de vue de l'étude de la morphologie cellulaire, que de la technique des colorations.

Depuis sa découverte, la granulation dite *azurophile* a fait l'objet de nombreuses recherches et tous les auteurs, qui en ont fait leur sujet d'études, ont affirmé que le seul procédé possible pour obtenir sa coloration était de la traiter par les mélanges contenant de l'éosinate de bleu ou de violet de méthylène. Wolff, en 1909, avait fait remarquer qu'elle ne se colorait pas par l'azur employé isolément et Pappenheim, plus tard, expliquait le phénomène de sa coloration par l'adsorption de la base carbinol rouge et fixation superficielle supplémentaire de cette base par l'éosine. Ces conceptions, nous le répétons, ont été acceptées jusqu'à présent par la plupart des hématologistes, et nous-même, dans plusieurs publications sur cette question, avions insisté, en l'appelant *granulation dzeta*, étant donné qu'elle n'est pas, à proprement parler, azurophile : en effet, non seulement elle n'est pas colorée par l'azur, mais encore, d'après nos nouvelles recherches, elle se colore par d'autres colorants basiques.

En 1918, nous étions le premier à signaler que cette granulation existait aussi dans quelques cellules hématiques des Invertébrés ([1]). Dernièrement, en constatant sa présence dans presque tous les hémocytoblastes et dans quelques monocytes de l'*Astacus fluviatilis* du *Cardium edule*, et du *Mytilus edulis* ([2]), nous fûmes surpris de voir qu'elle se colorait par le mélange vert de méthyle-pyronine provenant de la maison R. Neveu Scr. Pour bien nous assurer de l'exactitude de ce fait, nous avons repris nos recherches avec le sang de l'homme et celui du cobaye, en nous servant du mélange indiqué plus haut, et de la solution aqueuse concentrée de safranine.

Dans les frottis desséchés, fixés par l'alcool absolu ou par la chaleur, et colorés pendant 45 minutes ou une heure avec la solution vert de méthyle-

---

(1) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, juillet 1918.

(2) Les cellules hématiques de l'*Astacus fluviatilis* (*Archives d'Anatomie microscopique*, n° 1, 1921).

Un Mémoire sur les cellules hématiques de quelques Lamellibranches paraîtra prochainement.

pyronine, la granulation se présente teintée en jaune orangé ou en brun foncé; les plaquettes apparaissent légèrement rosées ou gris violacé clair; de même, les hématies sont rosées et parfois légèrement brunâtres. La chromatine se colore en rouge brique ou en gris violacé et les cytoplasmes en rose. Les granulations neutrophiles et éosinophiles ne se colorent pas, tandis que les basophiles apparaissent violacées rougeâtres ou jaunes orangées. Chez le cobaye, le résultat est encore plus net; les corps de Kurloff se montrent d'un jaune orangé vif et les granulations amphophiles sont chromophobes. Dans les préparations du sang de l'*Astacus*, la plupart des cellules avaient leur chromatine colorée en gris pâle et leur cytoplasme en rose clair.

Surpris des résultats obtenus avec cette solution de vert de méthyle-pyronine [1], nous nous sommes procuré une solution fraîche d'une autre provenance et les résultats, cette fois, furent tout à fait normaux, c'est-à-dire la chromatine se colorait en gris ou bleu verdâtre, le cytoplasme en rouge plus ou moins vif. Néanmoins, la plupart des macrophages du liquide péritonéal du cobaye avaient leur chromatine colorée en rose et leur cytoplasme en gris pâle. Quant à la granulation dite *azurophile*, elle se colorait en rouge ou prenait une teinte brunâtre.

Avec la solution de safranine, nous avons obtenu un résultat semblable, mais les granulations se montrent plus faiblement colorées et paraissent être constituées par une partie du spongioplasme. De même, le cytoplasme des polynucléaires amphophiles semble être constitué par un fin réticule dont les travées, très légèrement colorées, peuvent être prises par des fines granulations.

Quoi qu'il en soit et quel que soit le procédé de coloration employé, les granulations dites *azurophiles* se montrent toujours avec la même topographie, la même grandeur, la même forme, intravacuolaires et dans la même proportion que lorsqu'elles sont colorées par l'éosinate d'azur de bleu ou de violet de méthylène. Ces résultats nous ont permis d'arriver aux conclusions suivantes : 1° La granulation dite *azurophile* n'est pas exclusivement colorée par l'éosinate d'azur; elle se colore aussi par la pyronine et par la safranine. Sa coloration en orangé plus ou moins brunâtre (métachromasie) par ces colorants rouges, paraît prouver que dans sa constitution il y a une

---

(1) Une solution examinée avait une teinte rouge carmin. Nous avons pensé que, dans cette solution, il y avait soit excès de pyronine, soit insuffisance de vert de méthyle.

prépondérance de groupements acides qui lui donnent un véritable caractère basophile et chromotrope. Elle ne semble pas être d'origine exclusivement nucléaire ou spongioplasmique, parce que ses réactions chromatiques et histochimiques sont différentes de celles de ces substratums; elle se rapproche plutôt des corps de Kurloff. Elle représente une sécrétion cellulaire qui est constante à l'état normal et qui augmente dans les états pathologiques, aussi bien chez les Vertébrés que chez les Invertébrés. Cette granulation, ainsi que nous l'avions déjà proposé, devrait être appelée *granulation dzeta*; ce nom nous paraît heureux, puisqu'il nous rappelle le nom primitif de la granulation, sans préjuger d'aucune de ses propriétés caractéristiques. 2° L'inversion de la chromophilie des substratums cellulaires, colorés par le vert de méthyle-pyronine, n'est pas dû, toujours, à l'action de certains fixateurs acides, il faut tenir compte aussi, de leur état physicochimique et de la composition exacte des mélanges colorants employés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Composition de l'œuf de grenouille rousse* (Rana fusca) *à l'époque de la ponte*. Note de MM. **E.-F. Terroine** et **H. Barthélemy**, présentée par M. Henneguy.

En vue de la poursuite d'études ultérieures, d'une part sur la mise en dépôt des réserves et les modifications éventuelles que subissent ces réserves au cours de la maturation des œufs, d'autre part sur les dépenses d'énergie et les transformations de matière qui se font au cours du développement, nous avons entrepris de déterminer la composition des œufs de grenouille (*Rana fusca*) à l'époque de la ponte.

Sur des œufs ovariens prélevés au cours de la dernière semaine de février et de la première semaine de mars, la ponte ayant eu lieu chez les témoins conservés au laboratoire dans les premiers jours de mars, nous avons déterminé :

1° La teneur en substances sèches par dessiccation à l'étuve à 100° jusqu'à poids constant, laquelle par différence avec le poids frais permet d'obtenir la teneur en eau;

2° La teneur en azote total par la méthode de Kjehldahl, laquelle permet le calcul des matières protéiques;

3° La teneur en substances grasses et lipoïdiques totales, en insaponifiable et en cholestérine par la combinaison des méthodes de Kumagawa-Suto et de Windaus.

Les animaux sur lesquels les œufs ont été prélevés ont été pris absolument au hasard; chaque détermination a toujours été faite sur la totalité des deux ovaires.

On trouvera dans le Tableau ci-après la teneur de quelques-unes de nos déterminations :

Pour 100 du poids frais — Eau	Pour 100 du poids sec — N total	Pour 100 du poids frais: Substances grasses et lipoïdiques.	Insaponifiable total.	Cholestérine.
55,3	11,0	12,2	2,1	0,79
63,1	12,0	11,2	1,8	0,70
60,3	11,5	11,0	2,4	0,72
57,8	11,9	10,8	1,8	0,62
60,2	11,2	10,8	2,8	0,71
57,4	11,2	10,6	1,7	0,64

La première conclusion qui se dégage très nettement de nos analyses, c'est la remarquable fixité de composition des œufs ovariens à l'époque de la ponte, composition toujours identique et qui ne dépend en rien de l'état physiologique (âge, poids, etc.) de la femelle productrice. On est donc maintenant en droit de parler de la composition d'un œuf de grenouille comme d'une valeur parfaitement déterminée et pouvant servir de base à toute étude ultérieure aussi bien sur la formation des œufs que sur leur développement.

De l'ensemble de nos analyses, cette composition serait la suivante :

Eau	59,3
Matières protéiques (calculées d'après N total)	27,9
Substances grasses (calculées par diff. entre l'extrait lipoïdique total et l'insaponifiable total)	8,57
Cholestérine	0,62
Insaponifiable X	1,68
Total	98,07

D'après ces chiffres, il est facile de voir que tout développement doit se faire aux dépens des matières grasses et albuminoïdes et que les hydrates de carbone ne peuvent jouer qu'un rôle extrêmement médiocre.

Il nous a paru intéressant de comparer la composition de l'œuf de grenouille à celle d'autres œufs centrolécithes ou télolécithes d'espèces extrêmement éloignées en utilisant dans ce but des données apportées antérieurement.

Cette comparaison, que permettent de faire les valeurs réunies dans le Tableau ci-après, manifeste une identité presque parfaite de la composition d'œufs aussi différents que ceux de grenouille, de truite et de ver à soie. Des recherches, actuellement en cours, nous permettront de voir si une telle similitude s'étend encore à d'autres espèces et comment on peut la comprendre.

	Bombyx mori (d'après Farkas).	Truite (d'après Farkas).	Grenouille rousse (d'après Terroine et Barthélémy).
Eau..................	64,56	66,12	59,3
Substances sèches.....	35,44	33,88	40,7
N total................	3,48	4,07	4,48
Substances grasses.....	7,34	7,25	8,57

Conclusions. — 1° La composition des œufs ovariens de grenouille rousse (*Rana fusca*) à l'époque de la ponte est remarquablement fixe, entièrement indépendante (âge, poids, etc.) des individus producteurs;

2° La matière organique de l'œuf de grenouille est à peu près uniquement constituée par des substances azotées et des corps gras et lipoïdiques;

3° La comparaison des œufs de grenouille avec d'autres œufs télolécithes ou centrolécithes d'espèces extrêmement éloignées (truite, ver à soie) fait ressortir une remarquable similitude de composition.

EMBRYOGÉNIE. — *Composition chimique de l'œuf et du têtard de* Rana temporaria. Note de M. **Fauré Frémiet** et Mlle **du Vivier de Streel**, présentée par M. Henneguy.

Davenport a montré que la croissance du têtard de grenouille se fait surtout par absorption d'eau pendant les jours qui suivent son éclosion. Nous avons montré, avec le professeur J. Dragoiù, que pendant cette période la jeune larve pouvait être rigoureusement privée de nourriture [1].

Au point de vue énergétique, le système œuf → embryon → larve peut donc être considéré comme n'empruntant au milieu extérieur que de l'oxygène et de l'eau. Ce fait nous a conduits à étudier la composition des réserves de l'œuf de grenouille et ses variations pendant les premières périodes du développement.

Les substances lipoïdes ont été dosées et étudiées soit à partir de l'extrait alcoolique, soit à partir de l'extrait éthéré total obtenu après saponifica-

---

(1) Dragoiù et Fauré-Frémiet, *Étude histologique des phénomènes provoqués chez le têtard de* Rana temporaria *par l'alimentation thyroïdienne. — Divers aspects de la cellule hépatique chez les têtards de* Rana temporaria *nourris avec de la thyroïde* (*C. R. Soc. de Biol.*, t. 85, p. 434 et 437).

tion par la méthode de Kumagawa ; le glycogène a été caractérisé par la méthode de Pflüger et dosé par la méthode de Bierry et de Gruzewska ; les tablettes vitellines ont été séparées mécaniquement par centrifugation ([1]).

La composition centésimale de l'œuf ovarien mûr nous a donné les valeurs moyennes suivantes :

Eau	57,60
Glycogène	3,31
Lipoïdes totaux	10,14
Tablettes vitellines	26,51
Total	97,56

Le cytoplasma proprement dit, le noyau et le pigment représentent un reste égal à 2,44 ([2]).

Au point de vue des phénomènes du développement, la composition centésimale brute est inutilisable ; les phénomènes respiratoires font, en effet, subir à l'embryon et à la larve privée de tout apport nutritif, une perte de carbone continue se traduisant par une diminution progressive du poids de substances sèches, tandis que le poids total augmente, au contraire, par absorption d'eau.

Nous avons alors déterminé le poids total et le poids sec d'un nombre déterminé d'œufs ovariens mûrs ([3]), de têtards à l'éclosion et de têtards à la limite de leur croissance à jeun, et nos données numériques ont toutes été ramenées à leur valeur moyenne pour *un* individu considéré à chacun de ces états que nous nommerons I, II et III.

Nous avons ainsi trouvé pour l'œuf (état initial) les chiffres suivants exprimés en milligrammes :

([1]) Nous exposons dans un travail plus étendu les détails techniques et les résultats qualitatifs de nos recherches.

([2]) Les tablettes vitellines sont constituées par des substances azotées à l'état de cristalloïdes très faiblement hydratés ; on peut les fractionner en une partie renfermant du phosphore et correspondant à une nucléo- ou paranucléoprotéide, et une autre partie contenant du soufre, et très résistante à l'égard des réactifs. Nos données numériques, bien qu'exprimées d'une manière un peu différente, sont donc tout à fait comparables à celles obtenues par Terroine et Barthélemy, comme nous avons pu le constater en nous communiquant nos résultats (voir *Bulletin de la Société de Chimie biologique*, juin 1921).

([3]) Libres mais non encore engagés dans les trompes.

	mg
Eau	2,3620
Lipoïdes totaux	0,4127
Glycogène	0,1347
Tablettes vitellines	1,0700
Reste	0,0996
Total	4,0790

La chaleur de combustion déterminée à la bombe calorimétrique de Mahler est égale à : petites calories = 10,758 pour un œuf répondant à la composition ci-dessus indiquée.

Les mêmes dosages et les mêmes calculs appliqués au têtard à l'éclosion (état II) montrent que l'individu moyen a un poids total en augmentation de $0^{mg},725$ sur celui de l'œuf, et un poids sec en diminution de $0^{mg},300$.

Les gains et les pertes du système entre l'état initial et l'état II se décomposent alors de la manière suivante :

	mg
Eau	+0,7220
Glycogène	−0,0558
Lipoïdes	−0,1125
Tablettes vitellines	−0,1317

A cette variation de composition correspond la perte de 1,952 petite calorie.

Ces pertes de poids, qui résultent des combustions respiratoires, portent sur 41 pour 100 du glycogène et 27 pour 100 seulement des lipoïdes totaux [1].

Pendant la croissance par hydratation du jeune têtard à jeun, c'est-à-dire entre l'état II et l'état III, le poids total d'un individu moyen est augmenté de 14^{mg} (l'eau constituant 94,7 pour 100 de son poids total), tandis que le poids sec est diminué de $0^{mg},425$; à cette nouvelle perte de poids correspond la perte de 3,306 petites calories. A ce moment, il n'existe plus que des traces de glycogène, les lipoïdes ont encore diminué, mais le calcul montre qu'il doit rester encore $0^{mg},900$ environ de « vitelline » dans un têtard moyen. Or, à l'examen histologique, on constate que les « tablettes » ont disparu. On peut remarquer d'autre part que la masse de tissus organisés s'est accrue sensiblement surtout entre l'état II et l'état III. La « vitelline » peut donc être considérée comme une réserve d'azote, de soufre

(1) La comparaison des indices d'iode montre que la presque totalité de la perte de poids accusée par les substances lipoïdes porte sur un acide gras non saturé.

et de phosphore progressivement hydratée et transformée en substance organisée au cours de l'histogenèse et de la croissance larvaire.

Le calcul vérifie cette hypothèse : l'augmentation de la quantité d'eau passant de 2,362 (état initial) à 3,084 (état II), puis à 17,867 (état III) suppose qu'une quantité égale à $0^{mg},820$ de substances azotées est progressivement hydratée à 95 pour 100 entre l'état initial et l'état III. Or ce chiffre concorde remarquablement avec celui de $0^{mg},900$ environ, exprimant la quantité de vitelline disparue morphologiquement, mais non point pondéralement au cours de la croissance.

Nous conclurons de ces faits que le développement du têtard sans apport nutritif extérieur ne peut être considéré comme une simple augmentation de poids par imbibition d'eau, mais comme une croissance véritable dont le caractère essentiel est d'être « autotrophe ».

HYGIÈNE. — *Sur la protection individuelle contre l'oxyde de carbone; réactif et appareil.* Note (¹) de MM. **Desgrez**, **Guillemard** et **Hemmerdinger**, présentée par M. Charles Moureu.

Nous avons établi, dans une Note précédente, la possibilité de transformer l'oxyde de carbone en anhydride carbonique, à la température ordinaire, avec une vitesse suffisante pour protéger l'organisme, dans les conditions de la respiration humaine, contre l'intoxication oxycarbonée. Nous décrirons aujourd'hui la préparation du réactif et les dispositifs qui permettent son utilisation.

I. Préparation du réactif. — Le mélange d'anhydride iodique et d'acide sulfurique doit être disposé à la surface d'un support granulé, la grosseur des grains étant choisie de façon à augmenter autant que possible la surface de réaction, tout en laissant les gaz de la respiration circuler librement. L'efficacité du mélange oxydant variant dans le même sens que la finesse des grains et sa perméabilité aux gaz variant en sens inverse, nous concilions ces deux desiderata en adoptant, comme support, de la ponce granulée à grains arrondis d'un diamètre moyen de 4^{mm}. Cette ponce doit être débarrassée par grillage des matières organiques, et, par lavage, du chlorure de sodium provenant de son mouillage par l'eau de mer sur les voiliers qui la transportent. Il suffit d'imprégner la pierre ponce avec l'acide sulfurique, puis de l'agiter avec l'anhydride iodique finement pulvérisé. L'adhérence ainsi obtenue permet au mélange de supporter des chocs répétés sans que le réactif se détache. Ajoutons que si ce dernier est protégé contre l'humidité atmosphérique, il se conserve indéfiniment.

(¹) Séance du 3 octobre 1921.

On peut fixer 80g d'anhydride iodique, avec 25^{cm^3} d'acide sulfurique, pesant au moins 66° B., sur 270g de pierre ponce granulée.

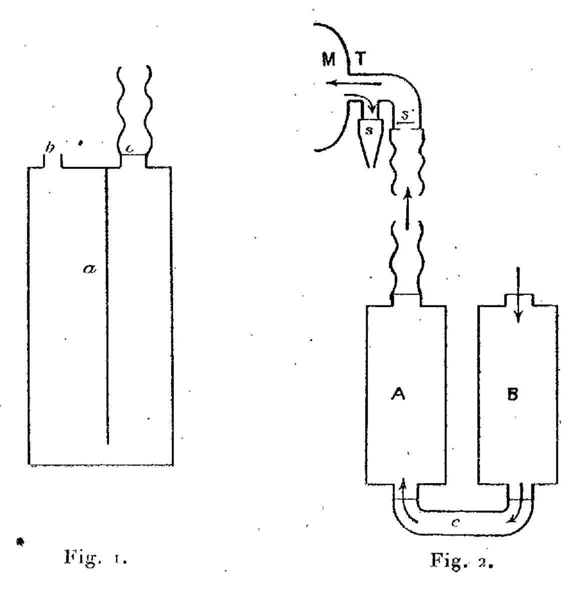


Fig. 1. Fig. 2.

II. Appareils respiratoires. — Avant de parvenir aux voies respiratoires, l'air souillé d'oxyde de carbone doit traverser le réactif oxydant, puis le réactif qui fixera l'iode mis en liberté et l'acide carbonique formé. Des dispositifs différents peuvent réaliser cette condition, suivant qu'ils sont, ou non, munis de soupapes d'expiration.

A. *Appareil sans soupape.* — Il se compose d'une boîte filtrante, mise en relation avec les voies respiratoires par l'intermédiaire d'un tube de caoutchouc souple, à l'aide soit d'un masque en caoutchouc appliqué sur la figure, soit d'une embouchure que complète un pince-nez. La boîte filtrante est métallique, de forme parallélépipédique, divisée en deux compartiments inégaux par une cloison métallique parallèle à la grande face; ces deux compartiments, isolés par le haut, communiquent librement par le bas; leur ensemble représente une sorte de large tube en U, à branche d'inégale capacité (*fig.* 1). Deux orifices *b* et *c*, munis d'ajutages métalliques, permettent : *b*, de puiser l'air dans l'atmosphère toxique; *c*, de mettre l'appareil en relation avec les voies respiratoires. L'air de la respiration effectue donc un mouvement de va-et-vient dans l'appareil.

Dans le grand compartiment qui s'ouvre dans l'atmosphère, on place la ponce iodico-sulfurique. Dans le petit compartiment qui est en relation directe avec les poumons, on place de l'oxylithe granulée, exempte de poussières, qui remplit trois conditions indispensables : fixer l'eau de la respiration, absorber l'iode et le gaz carbonique dégagés par le réactif oxydant, enfin fournir une certaine quantité d'oxygène, nécessaire pour empêcher le confinement de l'air dans la boîte filtrante.

Le fonctionnement de l'appareil est simple. La boîte filtrante est maintenue sur la poitrine par une ceinture et une tresse de suspension passant autour du cou. Le masque ou l'embouchure buccale étant mis en place, il suffit de respirer librement. L'appareil est robuste; l'absence de soupape et de mécanisme délicat en rend l'emploi très sûr dans toutes les positions occupées par le sujet. La durée de la protection dépend du volume de l'appareil, de l'intensité respiratoire (repos ou travail), enfin de la proportion d'oxyde de carbone. Une boîte filtrante de $1^l,5$ de capacité a protégé, pendant plus d'une heure, un sujet respirant dans une atmosphère renfermant 10 pour 1000 d'oxyde de carbone, c'est-à-dire à peu près cinq fois la dose mortelle.

B. *Appareil à soupapes.* — Il y a avantage, au point de vue de la facilité de la respiration, à rejeter directement l'air expiré dans l'atmosphère, l'air inspiré traversant seul les réactifs filtrants. Cette filtration, en effet, oppose toujours au passage des gaz une résistance sensible, vaincue aisément par l'inspiration qui est la phase active de l'acte respiratoire.

Un demi-masque M (*fig.* 2), en tissu imperméable, s'applique sur la partie inférieure du visage, laissant libres les yeux, condition favorable au travail dans les souterrains. Les orifices respiratoires, narines et bouche, sont ainsi mis en relation directe avec un ajutage en aluminium T, comportant, en *s*, une soupape à deux valves, en feuille anglaise, s'ouvrant de dedans en dehors (air expiré) et une soupape à clapet, en aluminium, *s'*, s'ouvrant de dehors en dedans (air inspiré). Un tube en caoutchouc souple, *t*, unit ce dispositif au système filtrant formé de deux boîtes cylindriques A, B, mises en communication par le tube *c*. Ces deux cartouches renferment, l'une, B, le réactif oxydant, l'autre, A, le réactif destiné à l'absorption de l'iode et du gaz carbonique. Ce dernier réactif peut être constitué par du charbon granulé imprégné d'alcali, par un alcali granulé ou un mélange de ces deux produits. L'air aspiré passe dans la cartouche B, où se fait l'oxydation de CO, puis dans la cartouche A, où il abandonne ses composants acides, et parvient aux poumons en soulevant le clapet *s'*. L'air expiré ferme ce clapet, puis se trouve rejeté dans l'atmosphère par la soupape *s*.

L'emploi de cartouches séparées, pour loger les deux réactifs oxydant et absorbant, est imposé par l'obligation de ne pas laisser en présence du réactif iodique des substances capables d'en diminuer l'activité par hydratation.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Sur les feuillets arrachés au manuscrit E de Léonard de Vinci, conservé dans la Bibliothèque de l'Institut.* Note de **M. G.-B. de Toni**, présentée par M. L. Mangin.

L'auteur de l'*Essai sur les Ouvrages physico-mathématiques de Léonard de Vinci*, M. J.-B. Venturi, examina en 1796-1797 les manuscrits de Léonard

déposés dans la Bibliothèque de l'Institut et la Bibliothèque nationale avant qu'ils fussent mutilés de pages ou de cahiers, c'est-à-dire dans leur état de parfaite intégrité. Parmi ces manuscrits, que M. Venturi marqua avec les lettres de A à N, le manuscrit E, jadis signé B par M. Oltrocchi, bibliothécaire de l'Ambrosienne de Milan, devait être constitué de 96 feuillets, d'après l'acte de donation bien connu fait par M. Galeazzo Avronati en 1637 à la Bibliothèque Ambrosienne et la phrase « Le carte sono di numero giusto 96 civè nonantarei » écrite sur le carton du même codex.

Maintenant au manuscrit E manquent les derniers feuillets 81 à 96, probablement arrachés en même temps que furent mutilés d'autres manuscrits léonardesques et surtout les manuscrits A et B, dont les parties volées constituèrent les manuscrits Ash. II, Asb. I (récupérés par la Bibliothèque nationale) et le Codex du vol des oiseaux, tandis qu'on ignore le sort des autres pages.

M. Amoretti, dans ses *Memorie storiche* (1804, p. 105), a donné une citation tirée du manuscrit de l'ancien titre : « Sulla riva del Po vicino a Sant'Angelo nel 1514 addi 27 di settembre »; mais les savants qui ont étudié l'œuvre de Léonard ont cherché en vain cette phrase importante pour la chronologie biographique du célèbre peintre et savant soit dans l'ancien manuscrit B(= E), soit dans le manuscrit qu'en 1796 M. Venturi marqua avec la lettre B.

Or, ayant eu l'occasion d'examiner les manuscrits de Venturi, actuellement déposés à la Bibliothèque municipale de Reggio-Emilia, j'y ai découvert trois volumes de transcriptions des manuscrits de Léonard, exécutées par le savant italien durant son séjour à Paris. C'est précisément la découverte de ces transcriptions qui rend possible, au moins en partie, la reconstitution du manuscrit E et aussi des autres manuscrits de Léonard de Vinci conservés à l'Institut et qui permet d'indiquer l'ordre originel des feuilles du Codex Atlanticus de l'Ambrosienne.

M. Venturi a indiqué dans ses manuscrits précisément pour la carte 96 du manuscrit E (déjà citée dans son *Essai*) la phrase mentionnée ci-dessus, avec le texte suivant : « Sulla riva di Po vicino à Santo Angiolo nel 1514 adi 27 di 7 m̃bre » et a donné partiellement le contenu des pages 83, 87, 88, 95 (arguments de mécanique), 96 (outre que le texte relatif au 1514, une Note sur le son provoqué par la rapidité du mouvement des ailes de la mouche).

Le manuscrit E contient trois dates, savoir : 24 septembre 1513 (feuillet 1 recto : départ de Léonard dirigé à Rome avec ses élèves), 25 sep-

tembre 1514 (feuillet 80 recto : passage pour Parme), 27 septembre 1514 (feuillet 96 : demeure du peintre aux environs du fleuve Po à Sant'Angelo); cette circonstance donne du poids à l'affirmation de M. Gabriel Séailles (*Léonard de Vinci, l'artiste et le savant*, p. 537; Paris 1892) qui a attribué le manuscrit E aux années 1513-1514.

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

ERRATA ET ADDENDA.

(Séance du 8 août 1921.)

Note de M. *A. Demoulin*, Sur les surfaces cerclées :

Page 342, ligne 3 en remontant, *au lieu de* t^2, *lire* t^4.

Page 343, ligne 6, *au lieu de* Le produit de $\mathfrak{R}'\mathfrak{R}''$, *lire* Le produit $\mathfrak{R}'\mathfrak{R}''$.

Page 344, *après la dernière ligne de la note, ajouter ce qui suit :*

Nous avons exposé d'une manière détaillée la théorie du pentasphère à un paramètre dans un travail intitulé : *Recherches sur les systèmes triples orthogonaux*, et inséré dans le Tome XI, 3e série, des *Mémoires de la Société royale des Sciences de Liège*.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 OCTOBRE 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En déposant sur le Bureau deux volumes intitulés : DÉODAT DOLOMIEU, *Membre de l'Institut national* (1750-1801) (¹), M. **A. Lacroix** s'exprime en ces termes :

Lorsque j'ai préparé la Notice sur Déodat Dolomieu, lue dans la séance annuelle de l'Académie du 2 décembre 1918, j'ai été conduit à rechercher les lettres écrites par ce savant. Ma récolte a été fructueuse, car, de proche en proche, j'ai retrouvé près de 250 lettres, distribuées dans un grand nombre de bibliothèques, publiques ou privées, de France et de l'étranger. La découverte des papiers laissés par Dolomieu et dont j'ai pu faire l'acquisition a mis en outre en ma possession non seulement des manuscrits scientifiques inédits, dont, par ailleurs, j'ai entrepris la publication, mais encore quelques lettres et minutes de lettres de lui, ainsi que d'autres écrites par ses amis. Ces dernières m'ont permis d'éclairer bien des points obscurs de sa correspondance et de sa vie.

Il m'a paru intéressant de publier au moins une partie de cette correspondance qui fait connaître sous son vrai jour la captivante personnalité de Dolomieu. La Commission administrative a bien voulu entrer dans ces vues et a autorisé l'impression des présents volumes à Abbadia; cette impression a été facilitée par une subvention sur la Fondation Debrousse, accordée dans ce but à l'Académie par l'Institut.

(¹) A. Lacroix, *Déodat Dolomieu, membre de l'Institut national* (1750-1801). *Sa correspondance, sa vie aventureuse, sa captivité, ses œuvres.* Paris, Librairie académique, Perrin et Cie; 2 vol. in-8° (I-LXXX, 1-255 pages + 1 portrait héliogr.) et (1-322).

L'intérêt de cette correspondance réside en ce que, si elle renferme quelques lettres écrites à des destinataires isolés (Daubenton, Lalande, Lacépède, les généraux Kléber, Dugua et quelques autres), elle comprend surtout des séries de lettres adressées à un petit nombre d'amis et dont quelques-unes s'étendent sur une période de près de 20 ans; elles permettent donc, en quelque sorte, de vivre au jour le jour la vie de notre personnage, et comme ces correspondants de Dolomieu occupaient dans ses affections et dans la société des situations différentes, chacune de ces séries présente son cachet particulier.

Les lettres les plus anciennes (1775-1782) sont adressées au duc Alexandre de la Rochefoucauld, membre de l'Académie des Sciences; elles ont surtout rapport à la géologie de la France, à la genèse du salpêtre.

L'active correspondance échangée avec le naturaliste de Catane, Gioeni (1781-1791) est surtout remplie des recherches des deux amis sur les produits volcaniques.

Le Chevalier Philippe de Fay était le confident et l'ami le plus sûr de Dolomieu; avec les lettres qui lui sont adressées (1781-1801), on pénètre dans le fond et le tréfond des intrigues de la cour de Malte et l'on suit l'évolution des idées politiques de Dolomieu.

La correspondance avec Picot de la Peyrouse (1782-1801), botaniste et géologue toulousain, comprend notamment des dissertations sur la lithologie des formations anciennes; il est particulièrement intéressant d'y suivre sur le vif les difficultés inextricables auxquelles se heurtaient à cette époque minéralogistes et géologues, réduits à l'étude des caractères organoleptiques des minéraux et s'essayant, d'une façon malhabile et prématurée, à discuter la composition chimique des roches et à discuter leur origine.

Plusieurs lettres sont adressées de 1787 à 1801 à Frédéric Münter, archéologue et professeur de théologie à Copenhague; elles sont pleines de souvenirs d'Italie et d'allusions aux événements politiques de l'époque.

Une intéressante suite de lettres est écrite à des savants genevois, — Horace-Benedict de Saussure (1791-1796) et son fils Nicolas; elles sont essentiellement géologiques et lithologiques et renferment des détails sur la dolomie; — Marc-Auguste Pictet (1795-1798); elles traitent des voyages de Dolomieu en Suisse et dans les Alpes, de la politique de la République de Genève; on y lit aussi de curieuses informations sur les premiers jours de l'Institut de France et les débuts de la Bibliothèque britannique; — Pierre Picot et son fils Jean, le futur historien de Genève (1796-1801).

La création du Service des Mines avait rapproché Dolomieu d'un professeur devenu, comme lui, ingénieur au nouveau corps, Alexandre Brongniart; les lettres qui lui sont adressées (1794-1796) ont rapport à leurs communes excursions dans les Alpes et aux travaux poursuivis à l'Agence des Mines pour l'établissement d'une classification des minéraux et qui aboutirent à la publication du *Traité de Minéralogie* d'Haüy. Elles renferment des renseignements pittoresques sur les difficiles conditions d'existence à cette époque, notamment pour les fonctionnaires mal payés par l'État et incertains du lendemain.

Enfin quelques lettres (1800-1801) de Dolomieu à son élève Louis Cordier — devenu plus tard, lui aussi, membre de cette Académie — qui l'avait accompagné lors de l'expédition d'Égypte, sont relatives à sa captivité à Messine.

Cet Ouvrage est divisé en deux Parties. La première comprend, sous le titre de *Livre de la captivité*, des notes écrites par Dolomieu sur les marges et dans les interlignes d'un volume qu'il avait conservé dans son cachot de Messine et que j'ai retrouvé dans la bibliothèque du Muséum; la seconde, plus importante, est constituée par sa correspondance.

J'ai donné en appendice diverses pièces et en particulier les plus caractéristiques des lettres de ses amis trouvées dans ses papiers.

L'impression de ces deux volumes a été effectuée avec beaucoup de soin par notre imprimerie d'Abbadia, sous la direction de l'abbé Verschaffel auquel j'ai plaisir à adresser mes remercîments.

M. Charles Moureu s'exprime en ces termes :

Je demande à l'Académie la permission de lui offrir, pour sa bibliothèque, un exemplaire de la septième édition de mes *Notions fondamentales de Chimie organique*. Cette nouvelle édition ne diffère de la précédente que par quelques additions, choisies parmi les nouveautés chimiques les plus importantes et les plus simples, ainsi qu'il convient à un livre conçu dans un esprit de grande généralité. J'ai la vive satisfaction de pouvoir ajouter qu'une traduction anglaise de l'Ouvrage vient de paraître, pour laquelle Sir William Pope, de la Société Royale de Londres, professeur à l'Université de Cambridge, m'a fait l'honneur d'écrire une préface aussi remarquable que bienveillante.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une équation vectorielle, en notation complexe, de l'alternateur à deux réactions et ses applications.* Note [1] de M. A. **Blondel**.

L'objet de la présente Note est de ramener à une forme purement algébrique certains problèmes qu'on n'a pu traiter jusqu'ici qu'à l'aide de la géométrie, et d'en tirer quelques conclusions nouvelles.

Nous rapporterons toutes les variables et les réactions de l'alternateur à deux axes OD, OT [2].

On prend OT pour axe réel, suivant lequel on portera la force *électromotrice théorique* E_0.

L'axe OD décalé de $\frac{\pi}{2}$ en avant est l'axe des flux *directs* et l'axe des forces électromotrices induites *déphasées* E_t et des courants induits déphasés I_d créant une réaction magnétique directement opposée aux flux inducteurs. L'axe OT est l'axe sur lequel on porte les forces électromotrices de travail E_t et les courants induits I_t produisant une réaction transversale. On représentera par OA le vecteur de la tension du réseau U; par OB le vecteur de la force électromotrice intérieure E de l'alternateur ($\overline{E} = \overline{U} + r\overline{I}$); par OC le vecteur du courant fourni au réseau. Tous angles de phases seront rapportés à OT, à savoir : ξ le décalage de $\overline{E}$, ζ le décalage de $\overline{U}$, ψ le décalage de $\overline{I}$. Ils sont comptés positivement dans le sens du *retard* de phase (opposé à celui du mouvement de rotation). On raisonne sur une machine bipolaire équivalente à l'alternateur donné.

Chaque vecteur aura deux composantes respectivement suivant OT et OD; ces composantes seront positives quand elles sont portées suivant le sens positif des axes ainsi définis et affectées du signe — dans le cas contraire; le symbole $j = \sqrt{-1}$ sera placé devant les composantes parallèles à OD et $-j$ devant les composantes dirigées à l'opposé.

Soient :

r la résistance équivalente de l'alternateur (tenant compte des pertes pro- hystérésis des courants de Foucault);

L_d la self-inductance *directe* globale et $r + j\omega L_d$ l'impédance qui s'applique au circuit inducteur passant par les pôles (produit par I_d);

[1] Séance du 10 octobre 1920.

[2] Le lecteur est prié de faire la figure qui est très simple.

L_t la self-inductance *transversale* globale et $r + j\omega L_t$ l'impédance qui s'applique au flux se fermant transversalement sans passer par la culasse (produit par I_t); L_t et L_d, valeurs globales, comprennent chacune respectivement la self-inductances des fuites de l'alternateur;

R_e et L_e les résistance et inductance du circuit extérieur, C la capacité mise en série.

La force électromotrice interne *totale* $\overline{F}$ est la résultante de la tension aux bornes $\overline{U}$ et du vecteur de la chute ohmique $r\,\overline{I}$; elle a deux composantes E_t et E_d représentées respectivement par les projections de $\overline{E}$ sur les axes OT et OD.

Les définitions qu'on vient de donner des vecteurs $\overline{U}$, $\overline{E}$ et $\overline{I}$ se traduisent par les quatre équations complexes :

$$(1)\qquad \overline{U} = U_t - jU_d = U\cos\zeta - jU\sin\zeta,$$
$$(2)\qquad \overline{E} = E_t - jE_d = E\cos\xi - jE\sin\xi,$$
$$(3)\qquad \overline{I} = I_t - jI_d = I\cos\psi - jI\sin\psi,$$
$$(4)\qquad \overline{U} = \overline{E} - rI_t = E_t - rI_t - j(E_d - rI_d).$$

Nous supposons que l'alternateur travaille dans une partie rectiligne des caractéristiques des inducteurs et de l'induit; on considérera donc la self-inductance directe L_d comme constante; d'autre part, nous admettrons que L_t l'est également.

Équation fondamentale. — Pour réaliser en charge le régime U, E, I, défini ci-dessus, l'alternateur doit avoir une excitation telle qu'en circuit ouvert apparaisse une force électromotrice E_0 :

$$(5)\qquad \begin{aligned} E_0 &= \overline{U} + r\overline{I} + j\omega L_t I_t + j\omega L_d(-jI_d) \\ &= U_t + rI_t + \omega L_d I_d - j(U_d + rI_d - \omega L_t I_t) \\ &= \overline{U} + (r + j\omega L_t)\overline{L} + j\omega(L_d - L_t)L\sin\psi(\cos\psi + j\sin\psi). \end{aligned}$$

La *puissance interne* P de la génératrice en valeur absolue est en appelant le nombre de phases

$$(6)\qquad P = q(E_t I_t + E_d I_d) = q(U_t I_t + U_d I_d + rI^2) = q(UI\cos\varphi + rI^2).$$

De même la *puissance réactive interne* Π est

$$\Pi = q(E_t I_d - E_d I_t) = q(U_t I_d - U_d I_t) = qUI\sin\varphi.$$

Coefficient de self vectoriel E_ψ. — De L_d et L_t on peut déduire un coefficient de self-induction complexe $L_\psi(\cos\theta - j\sin\theta)$ applicable aux courants qui ont une réaction résultante faisant avec OT l'angle ψ.

Posons en effet, *par définition*, pour un courant I décalé de ψ en retard

(7) $$L_t I \cos\psi - j L_d I \sin\psi = L_\psi I(\cos\theta - j\sin\theta) = (L_\psi - \theta) I,$$

on en déduit les expressions suivantes, qui déterminent $L_\psi - \theta$:

(8) $$L_\psi = \sqrt{L_t^2 \cos^2\psi + L_d^2 \sin^2\psi},$$

(9) $$\tang\theta = \frac{L_d}{L_t} \tang\psi.$$

Application à l'étude de l'alternateur de résonance. — On utilise en T.S.F. pour l'alimentation des transformateurs à résonance destinés à la production d'ondes musicales [ondes que j'ai imaginées ([1]) en 1898] des alternateurs à fréquence élevée (500 à 1000 périodes par seconde) et ayant une réaction d'induit très accusée contribuant à amener le circuit à la résonance.

Supposons que la résonance est obtenue par la variation de la self-induction L_e ou de la capacité C, et appliquons nos équations complexes en considérant les trois impédances :

(10) $$\overline{Z_t} = r + j\omega L_t, \qquad \overline{Z_d} = r + j\omega L_d, \qquad \overline{Z_e} = R + j\omega\left(L_e - \frac{1}{\omega^2 C}\right) = R_e + j\omega X_e.$$

Si l'on a interposé un transformateur élévateur ayant pour rapport de transformation $\frac{N_2}{N_1} = \tau$, des impédances primaire $R_1 + j\omega L_1$ et secondaire $R_2 + j\omega L_2$, et un coefficient de dispersion σ, son impédance globale rapportée au primaire est $R_1 + \frac{R_2}{\tau^2} + j\sigma \cot L_1$, et il multiplie la capacité C par le rapport $\frac{1}{\tau^2}$. D'où

$$R = R_1 + \frac{R_2}{\tau^2}; \qquad X_e = \sigma\omega L_1 - \frac{1}{\tau^2\omega^2 C}.$$

La force électromotrice théorique E_0 est égale à la somme des chutes de tension produites dans ce circuit par le courant, que nous écrivons en remplaçant dans (5) $\overline{U}$ par $\overline{Z_e I}$ et en posant, pour simplifier les écritures,

(11) $$X_t = X_e + \omega L_t \qquad = \omega(L_t + L_e) - \frac{1}{\omega C},$$

(12) $$X_d = X_t + \omega(L_d - L_t) = \omega(L_d + L_e) - \frac{1}{\omega C},$$

(13) $$\tang\psi = \frac{X_t}{R_e + r}.$$

([1]) Pli cacheté 6041 du 16 août 1898, publié le 3 février 1913 (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 371), et Brevet américain 783992 de 1900.

On obtient ainsi :

(14) $$E_0 I(R_e + r_n) I_t + X_d I_d = j[(R_e + r_n) I_d - X_t I_t];$$

d'où, en séparant les parties réelles et imaginaires,

(15) $$(R_e + r) I_t + X_d I_d = E_0, \quad \text{ou} \quad (R_e + r)\cos\psi + X_d \sin\psi = \frac{E_0}{I},$$

(16) $$-X_t I_t + (R_e + r) I_d = 0, \quad \text{ou} \quad -X_t \cos\psi + (R_e + r)\sin\psi = 0.$$

On en déduit le courant total et ses deux composantes ([1])

(17) $$\overline{I} = \frac{E_0(R_e + r - jX_t)}{(R_e + r)^2 + X_t X_d} = \frac{E_0(\cos\psi - j\sin\psi)}{\dfrac{R_e + r}{\cos\psi} + \omega(L_d - L_t)\sin\psi}.$$

La valeur efficace est obtenue en remplaçant par l'unité la parenthèse du numérateur.

Résonance. — Si $R + r$ est assez grand pour que le dénominateur reste positif, sans s'annuler, la résonance, c'est-à-dire le maximum du courant, correspond au minimum du dénominateur, et au zéro de sa dérivée.

On l'obtient en annulant la dérivée de (10) par rapport à X_t ou à ψ (suivant ce qu'on préfère) :

(19) $$\frac{X_t^3}{(R + r)^3} + \frac{X_t}{R + r} + \frac{\omega(L_d - L_t)}{R + r} = 0,$$

(19 *bis*) $$\operatorname{tang}^3\psi + \operatorname{tang}\psi + \frac{\omega(L_d - L_t)}{R + r} = 0.$$

Ces équations du troisième degré déterminent, par la méthode de Cardan par exemple, la valeur de X_t ou de $\operatorname{tang}\psi$; (18) donne ensuite le module de I.

On discute facilement cette équation en remarquant que quand $L_d = L_t$, elle donne la racine $\psi = 0$ qui est la condition de résonance dans la théorie de Joubert, les deux autres racines $\operatorname{tang}\psi = \pm j$ sont imaginaires; elles le restent encore quand on introduit une légère différence entre L_d et L_t. On peut alors isoler la racine réelle par tâtonnements en partant en première approximation de

(20) $$\operatorname{tang}\psi = \frac{-\omega(L_d - L_t)}{R + r}.$$

([1]) On remarquera en passant que cette équation peut être écrite directement en attribuant à l'alternateur l'*impédance vectorielle* qui apparaît dans (5) :

(18) $$r + j\omega L_t + j\omega(L_d - L_t)\sin\psi(\cos\psi + j\sin\psi).$$

Auto-amorçage. — Il y a auto-amorçage si le dénominateur de (10) peut s'annuler. En chassant ce dénominateur, on voit plus clairement que la force électromotrice d'excitation indépendante du moteur E_0 peut être alors réduite à zéro si la valeur de X_e est une des deux racines de l'équation (21):

$$(R+r)^2+X_t^2+\omega(L_d-L_t)X_t=0.$$

D'où

$$(22)\qquad X_e=X_t-\omega L_t=-\omega\frac{L_d+L_t}{2}\pm\frac{\sqrt{\omega(L_d-L_t)^2-4(R+r)^2}}{2}.$$

La condition d'existence (réalité) de ces racines est

$$(23)\qquad 2(R+r)\leqq \bmod(L_t-L_d).$$

Cette solution concorde avec celle que M. Bethenod a donnée par une méthode géométrique (*La Lumière électrique*, 25 décembre 1909).

On voit que l'auto-excitation n'est possible que grâce à une différence entre les valeurs absolues des coefficients L_t et L_d.

Pour $R+r=0$, les deux racines se réduisent à $-\omega L_d$ et $-\omega L_t$; comme X_e ne peut être que négatif, puisqu'il s'agit de compenser par une capacité extérieure les réactances du circuit extérieur et de l'alternateur lui-même, X_e ne peut avoir qu'une valeur négative inférieure à la plus petite des deux racines mesurées algébriquement. Quand $R+r$ sera différent de zéro, on devra choisir le signe du radical qui donnera pour X_e la plus petite valeur algébrique; cette racine sera une limite supérieure de X_e; car, pour toute valeur de X_e comprise entre les racines, l'impédance qui figure au second membre de l'équation (17) changerait de signe et la machine ne pourrait fonctionner par conséquent qu'en réceptrice et non en génératrice.

Les ampères-tours créant le champ magnétique suivant les axes des pôles sont proportionnels à $E_0-\omega L_d I\sin\psi$ et, quand la machine est saturée, à $E=f\left(ni-\frac{XN}{\sqrt{2}}I\sin\psi\right)$ en désignant par f la fonction qui représente la caractéristique de la force électromotrice induite E, par ni les ampères-tours de l'inducteur, par N le nombre des fils périphériques de l'induit par champ double, et par K le coefficient d'utilisation de l'enroulement induit. La première des équations (15) est donc remplacée par

$$f\left(ni-\frac{KN}{\sqrt{2}}I_d\right)\gtreqless(R+r)I_t+X_eI_d=\left(X_e+\frac{R+r}{\operatorname{tang}\psi}\right)I_d$$

en substituant I_t déduit de (16). Elle exprime que le point de fonctionnement M sur la caractéristique est à la rencontre de cette courbe f avec la

droite

$$E = [X_e + (R + r)\cot\psi]\, I_d = I_d \tang\alpha$$

menée par un point de l'axe des abscisses située à la distance *ni* de l'origine, en posant

$$\tang\alpha = \frac{X_e + (R + r)\cot\psi}{\dfrac{KN}{\sqrt{2}}}.$$

La condition d'amorçage exprime que le coefficient angulaire de la tangente à l'origine à la caractéristique doit être égal ou supérieur à $\tang\alpha$. Le magnétisme rémanent stabilise le régime amorcé.

La condition de non-excitation revient à annuler le segment *ni* compté sur l'axe des ampères-tours, en réalisant $E\cot\alpha = \overline{Om}$; elle est plus stricte et plus sûre pour l'amorçage.

Enfin, on réduit au minimum la puissance efficace demandée à l'alternateur, en faisant

$$\sin\psi = 0 \qquad \text{ou} \qquad \omega L_e - (\omega C)^{-1} + \omega L_t = 0.$$

On remarquera que cette valeur n'est pas celle qui donne la vraie résonance et qui est déterminée plus haut par (19 *bis*).

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Quénu** est désigné pour faire partie de la *première section* de la Commission technique de la *Caisse des recherches scientifiques*, en remplacement de M. *A. Laveran*, démissionnaire.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **J. Violle** est élu Membre du Conseil d'administration de la *Fondation Edmond de Rothschild*, en remplacement de M. *G. Lippmann*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. **Henri Martin** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1920.

M. **Jean Pougnet** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1913.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Paul Baud. *Les industries chimiques régionales de la France.* (Présenté par M. A. Haller.)

2° Maurice Caullery. *Le parasitisme et la symbiose.* (Présenté par M. Henneguy.)

3° E.-L. Trouessart. *La distribution géographique des animaux.* (Présenté par M. Bouvier.)

MM. **René Baire**, **M. de Broglie**, **Raoul Cerighelli**, **H. Chermezon**, **Augustin Damiens**, **Ed. Fouché**, **P.-H. Fritel**, **Paul de la Gorce**, **E. Jouguet**, **J. Trousset** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

HYDRAULIQUE. — *Sur les régimes hydrauliques.*
Note de **M. C. Camichel**, transmise par M. André Blondel.

La présente Note se rapporte à l'étude expérimentale des divers régimes de l'eau dans les tubes cylindriques.

I. J'ai montré précédemment [1] l'existence, dans les chambres d'eau, d'un régime hydraulique auquel j'ai donné le nom de *régime hydraulique non turbulent*, et qui est caractérisé par ce fait qu'en chaque point de la masse fluide, la vitesse est constante en grandeur et en direction. Ce régime se produit pour des vitesses de l'ordre de celles que l'on rencontre dans les applications industrielles. Pour préciser les circonstances dans lesquelles il prend naissance, j'ai recommencé les expériences bien connues de MM. Osborne Reynolds et Couette, et j'ai constaté que le régime non turbulent que ces auteurs ont mis en évidence dans les tubes pour de faibles vitesses se produit pour des vitesses beaucoup plus élevées, à condition de réduire convenablement la longueur des tubes et de les munir de pavillons de formes appropriées. On constate la régularité soit par la transparence de la

[1] *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 986.

veine à la sortie du tube, soit encore, d'une façon beaucoup plus précise, par l'observation des filets liquides, au moyen de la méthode précédemment indiquée [1]. Par exemple, on obtient le régime non turbulent pour des vitesses de 4^{m} par seconde dans un tube de laiton ayant comme diamètre intérieur 18^{mm} et comme longueur totale 16^{cm}.

D'une façon générale, on peut dire que pour conserver le régime non turbulent, il est nécessaire d'éliminer les obstacles placés aux points où la vitesse est notable et de donner à l'eau un trajet aussi court que possible dans les espaces resserrés [2]; c'est une des raisons de l'emploi dans les turbines modernes de rotors constitués par des aubes très courtes dans le sens du mouvement de l'eau et à travers lesquelles on voit parfois le jour. Ces aubes diffèrent essentiellement de celles qu'on employait dans les turbines anciennes et dans lesquelles l'eau avait un trajet parfois très long à parcourir en restant en contact avec les aubes.

II. J'ai étudié le régime non turbulent dans des tubes de laiton; ces tubes avaient 6^{mm} de diamètre intérieur et leurs longueurs cylindriques étaient: 6^{cm}, 8^{cm}, 10^{cm}. Ils donnent facilement le régime hydraulique non turbulent pour des vitesses moyennes de plus de 10^{m} par seconde, tandis que, d'après les idées généralement admises, le régime turbulent devrait s'y produire pour des vitesses dépassant 1^{m} par seconde.

La pression p était mesurée en un point situé, suivant le tube, à 5^{cm}, 7^{cm}, 9^{cm} de l'extrémité plongeant dans l'atmosphère. Si l'on désigne par W la vitesse moyenne dans le tube, la formule

$$p = KW^{m} \tag{1}$$

représente bien les résultats obtenus pour W variant de 0 à 10^{m} par seconde; on trouve $m = 1{,}49$ à la température de 17° C.

L'observation de la veine à la sortie et la régularité des courbes obtenues prouve que le régime est bien défini.

III. M. Rateau a montré (*Comptes rendus*, juin 1909) l'existence de divers régimes turbulents. J'ai eu l'occasion de faire des observations analogues pour les liquides; en plaçant des grilles devant le pavillon des tubes précédents, j'ai obtenu différents régimes turbulents. Je citerai en outre l'expérience suivante :

En supprimant le pavillon que possède le tube à son extrémité amont

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 881.

(2) M. Rateau m'a signalé qu'il avait fait des remarques analogues dans ses recherches sur les fluides gazeux.

et le remplaçant par un tube cylindrique de 6^{cm} de longueur, ayant le même diamètre intérieur (6^{mm}) que le tube étudié, on obtient le régime turbulent, la veine devient trouble; la pression est encore représentée par la formule (1), mais le coefficient m a la valeur

$$m' = 1,8$$

à la température de 17° C. La régularité de la courbe obtenue montre qu'on a bien affaire à un régime défini.

Pour ce même tube cylindrique de 10^{cm} de longueur et de 6^{mm} de diamètre intérieur, et pour une même vitesse de $5^{m},30$ par seconde par exemple, la pression mesurée sur 9^{cm} de longueur passe de $26^{cm},7$ à $48^{cm},8$, augmente par conséquent de près de 100 pour 100 suivant le trajet antérieur de l'eau.

Cette remarque est tout à fait générale. J'ai eu l'occasion de vérifier fréquemment cette *interdépendance des diverses portions d'une installation hydraulique*. Elle permet d'expliquer les discordances des résultats obtenus par les divers expérimentateurs par exemple, en ce qui concerne les pertes de charge d'une conduite. Il ne suffit pas, en effet, de préciser les conditions dans lesquelles cette conduite est aménagée, il faut également définir le régime sur lequel on opère et qui dépend, en particulier, du trajet de l'eau en amont de la conduite. On pourrait multiplier les exemples : une turbine peut avoir son rendement modifié par tel dispositif placé en amont.

Il conviendrait donc de définir, dans chaque cas particulier, le degré de turbulence du régime. Par exemple dans les conduites, où la perte de charge par unité de longueur ζ est représentée en fonction de la vitesse par une expression de la forme $\zeta = h\mathrm{W}^{\alpha}$ (comme l'expérience paraît le vérifier), on pourrait définir le degré de turbulence par l'expression

$$\varepsilon = \frac{\alpha'}{\alpha} - 1,$$

α étant l'exposant minimum correspondant au régime non turbulent, α' l'exposant relatif au régime que l'on veut définir.

ASTRONOMIE. — *Carte photographique et systématique de la Lune.* Note de M. C. **Le Morvan**, présentée par M. Bigourdan.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie la deuxième partie de ma Carte photographique et systématique de la Lune. Elle représente la surface visible de notre satellite aux phases comprises entre l'opposition et la nouvelle Lune. Elle complète ainsi la première partie parue antérieurement (*Comptes rendus*, 9 février et 23 mars 1914) et dans laquelle la même surface était représentée, éclairée du côté de l'Ouest, aux phases comprises entre la néoménie et l'opposition.

La Carte photographique et systématique de la Lune apporte des documents nouveaux et inédits pour l'étude des problèmes lunaires, et constitue un complément à l'œuvre magistrale réalisée par Lœwy et M. Puiseux dans leur grand Atlas de la Lune. Celui-ci, conçu sur un plan différent du nôtre, a été naguère le point de départ d'importantes études sélénographiques et de notables progrès dans la connaissance de l'orographie et de la topographie de notre satellite.

La Carte actuelle comprend 48 sections du format $38^{cm} \times 49^{cm}$, d'après les clichés choisis dans la collection que j'ai obtenue au foyer du grand équatorial coudé de l'Observatoire de Paris, en collaboration avec MM. Lœwy et Puiseux.

Grâce à la bienveillance et à la générosité de l'Académie et du Prince Roland Bonaparte, il m'a été possible d'exécuter dans son ensemble le projet que j'avais conçu.

Pour conserver à l'Ouvrage son caractère systématique, on a été amené à faire entrer dans la composition de cette partie, des clichés, en très petit nombre d'ailleurs, dont la finesse n'est pas aussi grande que celle qui a été atteinte pour l'autre partie. Ces clichés sont relatifs aux phases matinales de la Lune. Tout le monde sait, en effet, que les ondulations de l'atmosphère terrestre, dans la deuxième partie de la nuit, au voisinage du minimum diurne de température, rendent les observations particulièrement difficiles : les bons documents obtenus dans ces conditions, qu'il s'agisse de mesures directes ou de clichés photographiques, sont extrêmement rares.

Sur notre Carte, le diamètre moyen de la Lune est de $1^{m},04$, avec quelques écarts dus à la réfraction, à la parallaxe, à la libration, etc.; et qu'aucun artifice ne peut corriger totalement. En effet, aucune portion de la sphère n'est applicable exactement sur un plan sans déformation. De

plus, l'angle de la parallaxe change constamment à cause de l'excentricité de l'orbite lunaire et varie de 53′35″ à 61′30″ dans l'espace de 14 jours; en même temps le diamètre apparent de la Lune passe de 29′26″ à 33′34″. Tout le long du limbe la libration fait apparaître et disparaître périodiquement un fuseau dont l'amplitude atteint 7° environ en latitude et 8° en longitude. Un raccordement satisfaisant des diverses sections ne serait possible qu'en faisant usage d'un seul cliché obtenu au moment de l'opposition : ce cliché ne serait utilisable que pour l'étude de la répartition générale des teintes à la surface de l'astre.

Depuis longtemps les astronomes ont été vivement préoccupés par l'idée de variations possibles à la surface de la Lune. Mais les dessins recueillis à ce sujet ont montré tant de divergences et de contradictions que l'impossibilité est apparue de chercher une solution de la question avant de combler la lacune qui s'est alors révélée : c'est-à-dire l'absence de toute représentation exacte du sol lunaire à une époque nettement définie.

Le grand Atlas lunaire de Lœwy et M. Puiseux et cette Carte photographique et systématique de la Lune fixent, à une époque précise, la topographie générale de notre satellite et font ainsi disparaître la cause principale des difficultés qui s'opposaient à la solution du problème.

Sans exclure l'hypothèse vraisemblable de catastrophes, très rares à notre époque, mais encore possibles à la surface de la Lune, nous avons été amené à penser que la plupart des changements qui y sont observés doivent être attribués à l'incidence de la lumière et aux variations qui se produisent dans l'atmosphère terrestre. En effet, on retrouve, mais sous des aspects très différents, sur nos clichés pris à quelques minutes d'intervalle, des bandes sombres, des appendices, des géminations, des fractures de l'écorce, etc.; et à peu près toutes les apparences interprétées à tort, croyons-nous, comme des changements réels du sol lunaire. Au contraire, l'action prolongée des rayons solaires semble donner lieu, périodiquement, à un fait beaucoup plus général, en rendant plus vif l'éclat des auréoles blanches qui entourent principalement les cratères et quelques cirques de de la Lune.

Les présents fascicules achèvent notre travail dans les limites que nous nous étions fixées. Un simple rapprochement avec les feuilles correspondantes de la première partie fait ressortir l'intérêt qu'il y a pour l'étude de la surface de notre satellite à mettre en présence et à comparer les mêmes régions éclairées des deux côtés du méridien.

J'ai conservé à cette partie de la publication, interrompue depuis 1914,

le format et la disposition adoptés pour la première partie parue antérieurement.

Je crois avoir réussi à donner de notre satellite une représentation aussi parfaite que le permettent les procédés astrophotographiques actuels. Tout en conservant les détails les plus délicats du terminateur qui font l'objet habituel des observations directes à l'oculaire, on a donné des vues d'ensemble susceptibles d'intéresser le topographe, le géologue et le statisticien.

Nous nous proposons, lorsque les circonstances le permettront, de rendre plus aisé l'usage de cette Carte de la Lune, en ajoutant quelques images d'ensemble obtenues directement au foyer, les coordonnées rectilignes qui ont reçu une désignation particulière, un index alphabétique. Des transparents pour la deuxième partie compléteront alors utilement l'ensemble.

ASTRONOMIE PRÉHISTORIQUE. — *Les représentations matérielles sur pierre de la Grande Ourse, à la Pierre polie.* Note de M. **Marcel Baudouin**, présentée par M. Bigourdan.

J'ai, jusqu'à présent, eu l'occasion d'observer *cinq* représentations de la *Grande Ourse*, à l'aide de cupulettes, sur des pièces et des monuments préhistoriques, que l'on doit classer à l'époque néolithique.

1° Les trois premières pièces sont constituées par des *Oursins fossiles*, devenus libres spontanément. Sur deux, les étoiles sont figurées par de très petites cupulettes, qu'on ne peut confondre avec les orifices des tests, d'ordinaire en saillie.

a. La première a été recueillie dans des alluvions, en place archéologique, par le professeur Mahoudeau (de Paris) lui-même. La gravure est constituée par les *sept* étoiles classiques de la constellation, placées, comme il convient, entre deux rayons de l'animal.

b. La seconde est un *Micraster breviporus*, qui présente les mêmes *sept* cupulettes, avec une huitième correspondant à l'étoile *Alcor*. Chose curieuse, un petit *trait* gravé réunit les deux étoiles du corps opposées aux *Gardes*, comme sur les cartes astronomiques actuelles. La gravure est sur la face inférieure du fossile, tandis que dans le cas précédent elle se trouve sur une face latérale, entre deux rayons.

c. La troisième est un autre *Micraster breviporus*, trouvé dans le Pas-de-Calais. C'est sur la face supérieure que sont placés les *points creusés*, minuscules, qui constituent la constellation. En outre des sept étoiles clas-

siques, d'autres, correspondant aux *pieds postérieur* et *antérieur*, sont représentées.

2° Je rapproche de ces trois Oursins un polypier fossile, probablement une éponge du genre *Siphonia*, qui a été taillée par l'homme pour en faire un *phallus*.

Sur cette pièce, la « Grande Ourse » est figurée, non par des cupulettes, mais par des éclatements voulus du silex, en forme de *sabots d'Équidés*. Il y là les sept étoiles habituelles avec *Alcor ;* et, en outre, les étoiles ξ et ν du *pied postérieur* sont très reconnaissables.

Point à noter, pour les Esquimaux, la « Grande Ourse » est le « *Phallus du Ciel* » ; et l'on sait que les Esquimaux en sont restés à la mentalité néolithique. On notera, d'autre part, qu'ici les étoiles sont des *pieds de chevaux :* ce qui rapproche singulièrement cette œuvre d'art primitif de la Pierre à cupules d'Arnac (Haute-Vienne), où l'étoile η (Alkaïd) de la « Grande Ourse » est constituée par un *sabot d'Équidé*, comme au Grand-Chiron de l'Ile d'Yeu (Vendée).

3° Enfin, le monument est un *pied humain*, sculpté sur rocher fixe en granite, et situé sur le bord de la Sèvre Nantaise, à Clisson (L.-I.). Il s'appelle le *Pas de la Vierge*. Très peu profonde, mais très bien polie, cette fausse empreinte, qui est une véritable œuvre d'art, due à l'homme par conséquent, a son grand axe dirigé du côté des Orteils, à N. 66° O. géographique.

Seul de tous les pieds humains sculptés sur rochers, lesquels sont aujourd'hui connus en très grand nombre, il présente dans son intérieur *sept* cupulettes, assez petites, de 10^{mm} de diamètre environ, disposées exactement comme les étoiles de la Grande Ourse. Il y a même, comme sur le second Oursin et sur le polypier, une huitième dépression, représentant également l'étoile *Alcor*. La *ligne des Gardes* ne donne pas le nord actuel [1].

Ces cinq exemples sont absolument démonstratifs.

D'ailleurs, on a déjà publié un cas de « Grande Ourse » sur une ardoise, trouvée à Holagoï (Russie) par le Prince Poutiatine (1884). De plus, on a décrit, à l'étranger et en France, de véritables *pierres à cupules*, reproduisant cette constellation; mais quoique je recherche depuis 30 ans de tels monuments, je dois déclarer que je n'ai encore jamais rencontré de faits absolument certains pour la « Grande Ourse ».

---

[1] Ce qui prouve bien que la sculpture n'*est pas récente*. La déviation est dans le même sens que celle du Pied.

A mon avis, le monument le plus net est la Pierre à cupules d'Arnac (Haute-Vienne); mais ici, une sculpture en sabot d'Équidé remplace l'étoile η, ce qui n'a rien d'extraordinaire, la *Grande Ourse* ayant été une *Jument* (et non pas une *Ourse*) au Néolithique, comme le prouve le folklore de la Perse et du Turkestan.

En tout cas, ces multiples constatations prouvent que, scientifiquement, les cupules et cupulettes sculptées par l'homme sur les rochers fixes ou les pierres mobiles, sont bien des *Astres*, c'est-à-dire, soit des *Étoiles* (comme je viens de le prouver), soit le *Soleil* comme l'indiquent d'autres monuments préhistoriques.

On sait, qu'au point de vue symbole, talisman, ex voto, l'*Oursin* fossile représente le Soleil, comme le *Scarabée* en Égypte. On doit donc conclure, de la présence d'une représentation du pôle à la fois sur des Oursins et sur une sculpture de pied humain, que les pieds ont la même signification mythique que ces fossiles. Par suite, le pied néolithique ne peut être que celui du *Soleil authropomorphisé*.

C'est d'ailleurs à cette conclusion que m'avaient conduit précédemment mes recherches de Folklore et de Préhistoire ([1]), en ce qui concerne cette curieuse manifestation de l'art religieux de la Pierre polie.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le deuxième trimestre de* 1921. Note de M. J. **Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Dans ce trimestre, le nombre des jours d'observations ([2]) a été de 88, et l'on en déduit les principaux faits suivants :

Taches. — Au total, la production des taches a été peu différente de celle du trimestre précédent ([3]) : on a enregistré, en effet, 39 groupes dont la surface totale est de 2864 millionièmes, au lieu de 38 groupes et 2731 millionièmes.

En ce qui concerne leur répartition, il a été noté 11 groupes en moins dans l'hémisphère austral, soit 14 au lieu de 25, et 12 en plus dans l'hémisphère boréal avec le nombre de 25 au lieu de 13.

Un groupe équatorial, dont le milieu a traversé le méridien central le 14,8 mai, comprenait deux taches principales visibles à l'œil nu; l'examen du Tableau I ci-après

---

([1]) Marcel Baudouin, *Les sculptures et gravures de pieds humains sur rochers* (*A. F. A. S.*, 1913 : *Congrès de Tunis*, in-8°).

([2]) Avec l'aide de Mlle Bloch.

([3]) Voir *Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 519.

montre que ce groupe a, pour ainsi dire, absorbé toute l'activité de production des taches dans ce mois, puisqu'il représente à lui seul les neuf-dixièmes de l'aire totale de leur ensemble.

Enfin, l'absence de taches a été noté quatre jours en mai, et un jour dans chacun des mois d'avril et de juin, d'où il résulte, pour ce trimestre, un nombre proportionnel de 0,07, au lieu de 0,05 précédemment.

Régions d'activité. — Malgré un nombre de groupes supérieur, l'aire totale des facules observées est moindre que dans le premier trimestre : on a effectivement, au total, 161 groupes et 92,5 millièmes, au lieu de 146 groupes et 104,3 millièmes.

La même remarque que précédemment (¹) se présente relativement à la présence des facules dans les hautes latitudes australes.

Dans l'ensemble, le même nombre de groupes, soit 99, a été enregistré au sud de l'équateur, mais au nord, malgré une augmentation de 15 groupes, avec 62 au lieu de 47, la production de ces phénomènes reste moins active.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Avril. — 0,04.			
27- 4	5	1,1		+ 7	17
3- 8	6	3,1	—11		52
29- 3	2	3,4		+12	5
1- 3	3	5,6	—16		7
5-16	11	10,9		+17	116
15	1	12,8		+13	8
18	1	13,5		+ 8	11
16-19	4	14,7		+ 9	98
12	1	15,6	—13		5
10-21	12	16,4		+10	206
16-28	12	22,1	—16		96
17-29	12	23,3		+ 9	168
19-26	7	24,9	— 7		16
2- 3	2	28,0		+10	118
27- 2	5	28,9		+ 9	3
1	1	29,8	—13		4
	28 j.		—12°,7	+10°,4	
		Mai. — 0,13.			
2	1	4,1		+14	2
18	1	14,7		+11	2
9-21	13	14,8		+ 0	1013
17-18	2	16,1	— 8		7
		Mai (suite).			
13-16	3	18,4		+ 6	10
21	1	23,2		+ 8	18
19-27	9	24,7		+11	49
1- 2	2	27,3		+12	13
	30 j.		— 8°,0	+ 8°,9	
		Juin. — 0,03.			
28-30	3	1,7	—14		5
28- 3	9	2,7	— 6		22
8- 9	2	3,9	— 6		20
1-10	10	4,4		+13	45
8-11	4	7,6	— 9		6
4-15	12	10,0		+ 0,5	90
8-15	8	10,1		+ 8	61
11-12	2	10,7		+16	12
12-14	3	11,2	—13		11
8- 9	2	11,4		+13	10
13-14	2	13,6	— 6		4
17-28	12	22,8		+11	141
23-27	5	28,6		+12	11
25- 5	11	30,2	— 8		341
25- 4	10	30,7		+14	41
	30 j.		— 8°,9	+10°,9	

(¹) Voir *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 519.

Tableau II. — *Distribution des taches en latitude.*

1921.	Sud. 90°–40°	40°–30°	30°–20°	20°–10°	10°–0°	Somme.	Nord. Somme.	0°–10°	10°–20°	20°–30°	30°–40°	40°–90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Avril.......	»	»	»	5	1	6	10	7	3	»	»	»	16	930
Mai........	»	»	»	»	1	1	7	3	4	»	»	»	8	1114
Juin........	»	»	»	2	5	7	8	2	6	»	»	»	15	820
Totaux....	»	»	»	7	7	14	25	12	13	»	»	»	39	2864

Tableau III. — *Distribution des facules en latitude.*

1921.	Sud. 90°–40°	40°–30°	30°–20°	20°–10°	10°–0°	Somme.	Nord. Somme.	0°–10°	10°–20°	20°–30°	30°–40°	40°–90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Avril.......	8	»	»	11	7	26	15	7	7	1	»	»	41	24,0
Mai.........	17	5	7	13	8	50	31	13	11	5	1	1	81	46,1
Juin........	»	2	1	10	10	23	16	4	11	1	»	»	39	22,4
Totaux....	25	7	8	34	25	99	62	24	29	7	1	1	161	92,5

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Atome de Bohr. Fonction de Lagrange circum-nucléaire.* Note de M. **Marcel Brillouin.**

1. Continuant les recherches sur la théorie de l'atome de Bohr, dont j'ai donné les premiers résultats, le 4 juillet dernier [1], j'ai été conduit à adopter, dans la fonction de Lagrange qui définit le mouvement de l'électron autour du noyau positif

$$L = \frac{k^2}{r} + \frac{r^2\dot\theta^2 + \dot r^2}{2} + L_u + L_v,$$

comme seuls termes véritablement circum-nucléaires, les termes suivants :

$$(\mathrm{I}) \qquad \left\{ \begin{aligned} L_u &= \dot r\left[\cos u.\chi(r, u) - \sin u \frac{\partial\chi}{\partial u}\right], \\ L_v &= \dot r\left[\cos v.\varphi(r, v) - \sin v \frac{\partial\varphi}{\partial v}\right], \end{aligned} \right.$$

---

[1] Il s'est malheureusement glissé des erreurs de transcription dans les formules de L_u et L_v. Outre de petites incorrections de détail, j'ai laissé figurer des termes arbitraires sans aucune importance circum-nucléaire, et j'ai même oublié le seul terme vraiment important dans L_v. Pour la discussion des formules complètes, qui est longue et délicate, je renvoie au Mémoire qui ne tardera pas à paraître.

avec

$$u = \frac{C}{k} r^2 \dot{\theta}, \qquad v = Ck\left[\frac{2k^2}{r} - r^2\dot{\theta}^2 - \dot{r}^2\right]^{-\frac{1}{2}}, \qquad C = \frac{4\pi^2 k}{h}.$$

Les fonctions χ et φ sont laissées indéterminées, mais sont supposées choisies de telle sorte qu'elles deviennent insensibles à grande distance quelles que soient les vitesses composantes de l'électron; telles seraient, par exemple, des fonctions $e^{-\alpha r} f(u)$, $e^{-\beta r} g(v)$.

Si l'on tient à se rapprocher le plus possible de la mécanique ordinaire, on peut, à défaut des fonctions elles-mêmes, réduire au moins les coefficients des *sinus* et *cosinus* au second degré, au plus, en fonction des vitesses. Les formes les plus simples sont alors

$$\psi = \frac{u}{r} F(r), \qquad \varphi = \frac{G(r)}{rv}.$$

Mais il me paraît prématuré de faire un choix.

2. *Mouvement de l'électron.* — Comme dans le cas des forces centrales, les équations du mouvement admettent deux intégrales premières : l'une est l'équation aux vitesses angulaires

$$(1) \qquad C_1 = r^2\dot{\theta} - \dot{r}\,\frac{Cr^2}{k} \sin u\left(\chi + \frac{\partial^2 \chi}{\partial u^2}\right) - \dot{r}.r^2\dot{\theta}\,\frac{v^3}{C^2 k^2} \sin v\left(\varphi + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial v^2}\right);$$

l'autre est l'équation de l'énergie

$$(2) \qquad C_2 = \frac{k^2}{r} + \frac{\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2}{2} - C_1\dot{\theta} - \dot{r}^2 - \dot{r}^3\,\frac{v^3}{C^2 k^2} \sin v\left(\varphi + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial v^2}\right).$$

On voit immédiatement les ellipses privilégiées de Bohr-Sommerfeld, données par

$$u = 2m\pi, \qquad v = 2n\pi,$$

$$C_1 = \frac{2km\pi}{C} = \frac{mh}{2\pi}; \qquad C_2 = \frac{C^2k^2}{8n^2\pi^2} = \frac{2\pi^2 k^4}{n^2 h^2},$$

en adoptant les multiples pairs de π pour les orbites stables. On aura d'autres orbites privilégiées, mais instables à divers titres, en adoptant pour u ou v, ou u et v, les multiples impairs de π.

Les orbites privilégiées que les formules mettent en évidence sont toujours elliptiques.

Les orbites quasi hyperboliques ($C_2 < 0$) auront nécessairement des formes très compliquées.

3. Quoi qu'il en soit, l'intégration peut toujours s'achever par des qua-

dratures. Mais il faut d'abord résoudre l'équation du troisième degré en $\dot{r}$, qu'on obtient en éliminant φ entre 1 et 2 :

$$(3)\qquad \dot{r}^3 \frac{\partial u}{\partial \theta} \sin u (\chi + \chi'') + \dot{r}^2 \left(C_1 + \frac{r^2 \dot{\theta}}{2} \right) + \frac{1}{2} r^4 \dot{\theta}^3 - C_1 r^2 \dot{\theta}^2 - \left(C_2 - \frac{k^2}{r} \right) r^2 \dot{\theta} = 0.$$

On choisira celle des trois racines que l'on doit utiliser dans le domaine parcouru par l'électron. Portant cette valeur de $\dot{r}$, exprimée en r et u dans l'une ou l'autre des équations 1, 2, on trouvera une équation transcendante entre u et r; en la résolvant en u et revenant à l'expression de $\dot{r}$, on obtiendra la relation intégrable par quadratures entre r et $\dot{r}$. On obtiendra ensuite u et, par quadrature, θ. Mais tout ce travail ne peut être qu'indiqué, tant qu'on ne spécifie pas les fonctions $\varphi(r, v)$, $\chi(r, u)$.

Pour la plupart des trajectoires, surtout pour les trajectoires quasi hyperboliques, chacune des trois racines de l'équation en $\dot{r}$ ne correspond qu'à une partie du parcours; pour obtenir le parcours complet de l'électron, il faudra raccorder trois arcs, qui se rejoignent deux à deux aux points pour lesquels deux des trois racines de l'équation en $\dot{r}$ deviennent égales. C'est une discussion qui ne s'annonce pas comme très facile, mais qui laisse espérer des résultats importants.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la courbure des rayons lumineux* [1] *dans le champ de gravitation.* Note de M. K. OGURA, présentée par M. Emile Borel.

Soit

$$(1)\qquad ds^2 = f^2\,dt^2 - d\sigma^2 = f^2\,dt^2 - H_1^2\,dx_1^2 - H_2^2\,dx_2^2 - H_3^2\,dx_3^2$$

l'expression de l'intervalle élémentaire d'un champ *statique* dans un espace *vide*. Les fonctions f, H_1, H_2 et H_3 ne dépendent pas de t, et les équations

---

[1] Si nous prenons $\left(\frac{1}{f^2} - h^2\right)^{-\frac{1}{2}}$ au lieu de f dans les équations (2), (4), (5)-(10), nous trouvons des équations correspondantes pour *le faisceau naturel de trajectoires* ayant la constante d'énergie h (au sens de M. P. Painlevé, *Journal de Liouville*, 4e série, t. 10, 1894, p. 5), qui est défini par $\delta \int \sqrt{\frac{1}{f^2} - h^2}\, d\sigma = 0$. (Voir H. WEYL, *Raum, Zeit, Materie*, 4e édition, 1921, p. 225.)

des rayons lumineux deviennent

$$(2)\quad \frac{d^2x_1}{d\sigma^2}+\left(\frac{1}{H_1}\frac{\partial H_1}{\partial x_1}-\frac{1}{f}\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)\left(\frac{dx_1}{d\sigma}\right)^2+2\left(\frac{1}{H_1}\frac{\partial H_1}{\partial x_2}-\frac{1}{f}\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)\frac{dx_1}{d\sigma}\frac{dx_2}{d\sigma}$$
$$+2\left(\frac{1}{H_1}\frac{\partial H_1}{\partial x_3}-\frac{1}{f}\frac{\partial f}{\partial x_3}\right)\frac{dx_1}{d\sigma}\frac{dx_3}{d\sigma}+\left(-\frac{H_2}{H_1^2}\frac{\partial H_2}{\partial x_1}+\frac{H_2^2}{H_1^2}\frac{1}{f}\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)\left(\frac{dx_2}{d\sigma}\right)^2$$
$$+\left(-\frac{H_3}{H_1^2}\frac{\partial H_3}{\partial x_1}+\frac{H_3^2}{H_1^2}\frac{1}{f}\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)\left(\frac{dx_3}{d\sigma}\right)^2=0,$$

....

D'après M. W. Blaschke (1) la courbure $\frac{1}{\rho}$ de la courbe

$$x_i=x_i(\sigma)\qquad(i=1,2,3)$$

dans l'espace ayant l'élément linéaire

$$d\sigma^2=H_1^2\,dx_1^2+H_2^2\,dx_2^2+H_3^2\,dx_3^2,$$

est donnée par la formule

$$(3)\quad \frac{1}{\rho^2}=(H_1^2A_1^2+H_2^2A_2^2+H_3^2A_3^2)-\left(H_1^2A_1\frac{dx_1}{d\sigma}+H_2^2A_2\frac{dx_2}{d\sigma}+H_3^2A_3\frac{dx_3}{d\sigma}\right)^2,$$

où

$$A_1=\frac{d^2x_1}{d\sigma^2}+\frac{1}{H_1}\frac{\partial H_1}{\partial x_1}\left(\frac{dx_1}{d\sigma}\right)^2+\frac{2}{H_1}\frac{\partial H_1}{\partial x_2}\frac{dx_1}{d\sigma}\frac{dx_2}{d\sigma}+\frac{2}{H_1}\frac{\partial H_1}{\partial x_3}\frac{dx_1}{d\sigma}\frac{dx_3}{d\sigma}$$
$$-\frac{H_2}{H_1^2}\frac{\partial H_2}{\partial x_1}\left(\frac{dx_2}{d\sigma}\right)^2-\frac{H_3}{H_1^2}\frac{\partial H_3}{\partial x_1}\left(\frac{dx_3}{d\sigma}\right)^2,$$

....

Pour les rayons lumineux, en tenant compte des équations (2), nous avons

$$(4)\qquad A_1=\frac{2}{f}\frac{\partial f}{\partial\sigma}\frac{dx_1}{d\sigma}-\frac{1}{H_1^2}\frac{1}{f}\frac{\partial f}{\partial x_1},\qquad\ldots.$$

Par conséquent, nous obtenons l'expression suivante pour *la courbure du rayon lumineux :*

$$(5)\qquad \frac{1}{\rho^2}=\frac{1}{H_1^2}\left(\frac{1}{f}\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2+\frac{1}{H_2^2}\left(\frac{1}{f}\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2+\frac{1}{H_3^2}\left(\frac{1}{f}\frac{\partial f}{\partial x_3}\right)^2-\left(\frac{1}{f}\frac{\partial f}{\partial\sigma}\right)^2.$$

---

(1) W. Blaschke, *Frenets Formeln für den Raum von Riemann* (*Math. Zeitschrift*, t. 6, 1920, p. 94). Dans cette Note je ne considère pas la torsion.

Si nous employons le paramètre différentiel du premier ordre de Lamé, (5) devient

$$(6) \qquad \frac{1}{\rho^2} = \Delta(\log f) - \left(\frac{d \log f}{d\sigma}\right)^2.$$

On peut la mettre encore sous la forme suivante indépendante du choix des coordonnées :

$$(7) \qquad \frac{1}{\rho^2} = \left(\frac{\partial \log f}{\partial n}\right)^2 - \left(\frac{d \log f}{d\sigma}\right)^2,$$

$\frac{\partial \log f}{\partial n}$ désignant la dérivée de $\log f$ prise suivant la normale à la surface $\log f = \text{const.}$

Cherchons maintenant la variation de cette courbure pour les directions variables autour d'un point fixe. Nous trouvons facilement :

$$\left(\frac{1}{\rho}\right)^2_{\min} = 0 \qquad \text{(suivant la normale à la surface } f = \text{const.)},$$

$$\left(\frac{1}{\rho}\right)^2_{\max} = \left(\frac{\partial \log f}{\partial n}\right)^2 \qquad \text{(suivant toutes les tangentes à la surface } f = \text{const.)}.$$

Au point de vue purement mathématique, il est intéressant d'étudier *l'ensemble des courbes dont les directions sont telles que la différence*

$$\left(\frac{1}{\rho}\right)^2_{\max} - \left(\frac{1}{\rho}\right)^2$$

est constante. Les courbes ainsi définies satisfont à l'équation de Monge :

$$(8) \quad \left(\frac{\partial \log f}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial \log f}{\partial x_2} dx_2 + \frac{\partial \log f}{\partial x_3} dx_3\right)^2 = k^2 (\mathrm{H}_1^2\, dx_1^2 + \mathrm{H}_2^2\, dx_2^2 + \mathrm{H}_3^2\, dx_3^2),$$

k étant une constante indépendante de x_1, x_2, x_3. Puisque nous pouvons écrire cette équation sous la forme

$$(9) \qquad k \int_{x_1^0 x_2^0 x_3^0}^{x_1^1 x_2^1 x_3^1} d\sigma = (\log f)_{x_1^1 x_2^1 x_3^1} - (\log f)_{x_1^0 x_2^0 x_3^0},$$

l'ensemble des courbes forme un système de courbes sans détours au sens généralisé. Sur les surfaces paramétriques, par exemple sur $x_3 = \text{const.}$, nous avons le système de courbes sans détours « Kurvennetz ohne Umwege »

au sens de M. G. Scheffers [1] :

$$\left(\frac{\partial \log f}{\partial x_1}dx_1 + \frac{\partial \log f}{\partial x_2}dx_2\right)^2 = k^2(H_1^2\,dx_1^2 + H_2^2\,dx_2^2). \tag{10}$$

AÉRODYNAMIQUE. — *La résistance de l'air au mouvement des sphères et la vitesse ascensionnelle des ballons pilotes.* Note de M. **C.-E. Brazier**; présentée par M. E. Bouty.

On a recommandé, pour calculer la vitesse ascensionnelle V des ballons pilotes, en fonction de leur poids, B, et de leur force ascensionnelle A, des formules empiriques dont la plupart sont de la forme

$$V = m\left[\frac{A}{(A+B)^{\frac{2}{3}}}\right]^n.$$

Comme l'expérience a conduit les divers auteurs à attribuer à m et à n des valeurs différentes, les vitesses qu'on en déduit pour le même ballon sont elles-mêmes différentes et s'écartent quelquefois les unes des autres de plus de 30 pour 100. Il est probable que chacune de ces formules n'est applicable qu'entre certaines limites de poids et de force ascensionnelle; il serait donc indispensable de trouver un critérium permettant de déterminer avec certitude la formule qui convient à chaque cas concret. C'est ce critérium que je me suis proposé de rechercher en m'aidant des données sur la résistance des sphères obtenues en ces dernières années dans les laboratoires aérodynamiques.

On sait, depuis les travaux de G. Eiffel [2] et de Ch. Maurain [3], que pour une sphère donnée, placée dans l'air en mouvement, il existe deux valeurs nettement différentes du coefficient de résistance K défini par la formule bien connue : $R = \frac{K\rho}{\rho_{(15,760)}}\,\frac{\pi D^2}{4}\,V^2$, dans laquelle R, K, ρ, D et V

(1) Pour le système de courbes sans détours sur un plan ou sur une surface dans l'espace euclidien, voir G. Scheffers, *Leipziger Berichte*, t. 57, 1905, p. 353; R. v. Lilienthal, *Vorlesungen über Differentialgeometrie*, t. 1, 1908, p. 123; t. 2, 1913, p. 242; K. Ogura, *Proceedings of Tôkyô Math.-Physical Society*, 2e série, t. 9, 1918, p. 284, 409. Voir aussi M. d'Ocagne, *Bull. Soc. Math. France*, t. 13, 1885, p. 71.

(2) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1597.

(3) *Bull. Inst. Aér. Un. Paris*, fasc. 3, 1913, p. 76.

représentent respectivement la résistance de la sphère, le coefficient de résistance unitaire, le poids spécifique de l'air, le diamètre de la sphère et la vitesse du courant d'air. Les recherches ultérieures [1] ont montré que, de ces deux valeurs de K, la plus grande convient dans les cas où le nombre de Reynolds $N = \frac{VD\rho}{\eta}$ (η étant le coefficient de viscosité de l'air dans les conditions de l'expérience) est inférieur à 100×10^3, la plus faible n'étant nettement applicable que lorsque N est notablement plus élevé (de l'ordre de 300×10^3). Entre ces limites, la grandeur de K dépend dans une large mesure de la turbulence du courant d'air employé. Il est donc tout indiqué de rechercher si les sondages aérologiques permettent de déceler une variation du coefficient K analogue à celle que l'on a trouvée au laboratoire.

J'ai utilisé dans ce but les données expérimentales obtenues en déterminant directement la vitesse ascensionnelle des ballons pilotes dans l'air libre par des visées à deux ou trois théodolites, en admettant les hypothèses suivantes :

1° Les ballons employés affectent la forme sphérique. 2° L'hydrogène qui les gonfle a comme poids spécifique, à 0° et sous la pression 760^{mm}, $0^{kg},100$. 3° On peut négliger : (*a*) l'influence de la vapeur d'eau sur le poids spécifique de l'air; (*b*) le volume occupé par l'enveloppe du ballon; (*c*) la surpression due à la tension de cette dernière; (*d*) la différence entre la température du gaz intérieur et celle de l'air ambiant; (*e*) la perte de force ascensionnelle résultant de la diffusion de l'hydrogène à travers les parois de l'enveloppe. 4° La vitesse ascensionnelle moyenne donnée par les expérimentateurs est sensiblement réalisée à la hauteur de 5000^{m}. 5° A ce niveau, la température et la pression sont égales à leur moyenne annuelle, soit 260° abs. et 406^{mm}.

Le Tableau ci-après groupe sous les en-têtes B, A, V, K et $N \times 10^{-3}$ les valeurs correspondantes du poids des parties solides du ballon, exprimé en kilogrammes; de la force ascensionnelle, en kilogrammes; de la vitesse ascensionnelle, en mètres par seconde; du coefficient de résistance, en kilogrammes par mètre carré à 15° et 760^{mm} ; du nombre de Reynolds divisé par 1000. Les nombres en caractère gras correspondent à des expériences faites en salle close.

Les données expérimentales ont été extraites des travaux suivants :

---

[1] WISSELBERGER et PRANDTL, *Z. f. F. u. M.*, mai 1914.

I. J. Rouch, *La vitesse ascensionnelle des ballons pilotes* (¹).

II. F. La Porte, *Sondage de l'atmosphère à Gâvre au moyen de ballons en caoutchouc* (²).

III. C.-J.-P. Cave et J.-S. Dines, *Further measurements of the rate of ascent of pilot balloons* (³).

Variation du coefficient de résistance de l'air au mouvement de ballons pilotes se déplaçant dans l'atmosphère libre.

	Données expérimentales.			Valeurs calculées (⁴).	
Source.	B.	A.	V.	K.	$N \times 10^{-3}$.
III...	**0,012**	**0,050**	**2,38**	**0,051**	**76**
I....	0,050	0,135	2,95	0,051	83
II....	0,080	0,150	2,93	0,049	111
I....	0,050	0,150	3,13	0,048	113
III...	**0,030**	**0,120**	**2,89**	**0,046**	**124**
II....	0,080	0,200	3,33	0,045	135
III...	**0,045**	**0,150**	**2,95**	**0,046**	**139**
II....	0,080	0,300	3,57	0,048	160
I....	0,050	0,300	4,00	0,040	175
II....	0,080	0,350	3,83	0,044	179
II....	0,080	0,400	4,00	0,043	194
I....	0,091	0,500	5,00	0,030	260
I....	0,091	0,600	5,50	0,027	301
I....	0,091	0,750	5,67	0,028	331
I....	0,091	1,000	6,17	0,026	393

De ce Tableau on déduit les valeurs moyennes suivantes du coefficient K :

$N \times 10^{-3}$	≤ 100.	$= 120$.	$= 140$.	$= 160$.	$= 180$.	$= 200$.	$= 220$.	$= 240$.	$= 260$.	≥ 280.
K....	0,051	0,050	0,047	0,044	0,041	0,038	0,035	0,032	0,029	0,027

Ce résultat est tout à fait comparable à celui que l'on tire de la discussion des mesures de la vitesse ascensionnelle des ballons pilotes en salles closes publiée par Hesselberg et Birkeland (⁵). Il permet de rendre compte qualitativement et quantitativement des résultats expérimentaux.

(¹) *B. O. Dir. Rech. et Inv.*, n° 17, 1921, p. 174.

(²) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 279.

(³) *Quart. Journ. Roy. Met. Soc.*, t. 45, 1919, p. 277.

(⁴) Tous les calculs ont été faits en adoptant comme unités fondamentales le kilogramme-force, le mètre et la seconde.

(⁵) *Ueber die Steigegeschwindigkeit der Pilot Ballone* (*Ann. Hydr. Berlin*, t. 45, 1917, p. 313). Ces auteurs ont trouvé les valeurs suivantes du nombre de Reynolds limitant la région de transition : 130×10^3 et 200×10^3. Celles que nous avons obtenues se rapprochent davantage des résultats fournis par la méthode du tunnel.

PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de la structure électronique des atomes lourds et de leurs lignes spectrales.* Note de M. A. **Dauvillier**, présentée par M. E. Bouty.

Depuis la présentation de notre dernière Note sur ce sujet ([1]), nous avons étendu à l'or, au platine, à l'iridium, à l'osmium et au tungstène — en employant le même dispositif expérimental — l'étude détaillée des séries L que nous avions effectuée pour l'uranium, en nous attachant particulièrement à suivre les variations d'intensité de certaines raies homologues. Nous avons en outre isolé six nouvelles raies, ce qui porte à 14 le nombre des lignes nouvelles reconnues au cours de ce travail.

1° On savait déjà depuis longtemps que la ligne β_5 du platine était beaucoup plus intense que celle du tungstène et la rectification que nous avons apportée ([2]) à cette dernière ne modifie pas cette conclusion. Nous avons reconnu que, pour chacun des éléments énumérés ci-dessus, les lignes β_5 et γ_2 étaient toujours d'intensités voisines, que celles-ci croissaient *régulièrement* de W à Pt, puis qu'elles demeuraient invariables au delà de cet élément. L'hypothèse que nous avons récemment énoncée pour expliquer ce phénomène se trouve ainsi confirmée : cette variation progressive d'intensité accuse l'addition des électrons correspondant à la croissance du nombre atomique au niveau O_2 de moindre stabilité.

Mais, fait inattendu, nous avons remarqué qu'en même temps l'intensité de β_7, raie correspondant au niveau O_5 de plus haute fréquence, s'accroissait considérablement aussi : Alors que son compagnon $\beta'_7(N_2L_2)$ n'éprouve aucun changement d'intensité, cette raie, qui est tout à fait invisible au-dessous de Ir, apparaît pour cet élément sans se modifier sensiblement pour Pt, puis elle prend *brusquement* pour Au son intensité définitive par suite de l'addition, aux douze corpuscules O préexistants, de six nouveaux électrons (Cs-W), qui se placent sur les niveaux O de plus grande fréquence. La raie γ_4 qui provient d'un niveau intermédiaire (O_4) ne paraît accuser, durant ces transformations, aucune variation d'intensité.

2° Nous supposions dans notre dernière Note que la raie γ_8 de l'uranium provenait d'un niveau O. Cette ligne provient en réalité d'un niveau P qui

---

([1]) A. Dauvillier et Louis de Broglie, *Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 137.

([2]) *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 915.

correspond au premier anneau garni d'électrons (8) de l'ion U^{++++++}. La fréquence de ce niveau est de l'ordre de celle de Rydberg et correspond à un potentiel d'extraction d'une quinzaine de volts. Les éléments étudiés n'offrent pas la moindre trace de cette ligne qui n'existerait que pour la série 87-U.

3° Nous avons trouvé pour les éléments W-Au toutes les autres lignes que nous avions identifiées pour U par le potentiel d'excitation, les combinaisons et les doublets. Nous trouvons en outre une ligne très faible γ_9 qui correspond à la combinaison N_4L_3; une autre ligne d'intensité voisine β_{10} qui a été dédoublée pour Au en second ordre et qui exige l'existence de deux nouvelles limites d'absorption M'_2 et M''_2. La ligne β''_2 s'est également dédoublée pour cet élément dans ces conditions, ce qui implique une duplicité du niveau N_3. La symétrie supposée par M. Wentzel dans les niveaux N, et qui était détruite par l'existence de β''_2, est donc rétablie, pour les doublets réguliers de Sommerfeld seulement, par ce doublet $N_3N'_3$. Une ligne très faible β_{11} a été observée par les éléments Pt, Ir et W; elle correspond plutôt à la combinaison M_3L_2 qu'au passage M_5L_3. Enfin nous avons trouvé un nouveau satellite de α_1 que nous désignons par α_3; c'est une assez forte ligne que nous n'avons pu isoler avec certitude que dans trois cas exceptionnels. L'existence de cette raie explique l'effet observé par Stenström relativement à la limite d'absorption M_1 de U : il ne s'agit pas là d'une structure fine au sens de Kossel, mais bien d'une duplicité de ce niveau. La raie α_3 provient de M_1, tandis que β_8 et α_1 viennent de M'_1.

4° Nous avons pu rectifier un certain nombre d'erreurs qui existaient dans les séries L de ces éléments, en particulier pour l'osmium. La ligne β_3 de l'or était aussi faussement identifiée. Nos mesures sont exactes à 5 unités près environ du premier ordre décimal et sont réunies dans le Tableau ci-contre.

Elles ont été faites par comparaison soit avec les lignes γ_1 et β_1 de Coster, soit avec les lignes K du cuivre, de Siegbahn. Une plus grande approximation nous semblerait actuellement illusoire, car la largeur des lignes dépend beaucoup de leur intensité. Les combinaisons sont toutes exactement vérifiées aux erreurs d'expérience près. Il semble que les longueurs d'ondes des limites d'absorption L_3 de Duane et Patterson pour Pt et Au soient sensiblement trop courtes.

Longueurs d'ondes (en 10^{-11} cm) *des raies* L *des éléments* W — U.

Combinaison.	Raie.	Intensité (1).	U.	Au.	Pt.	Ir.	Os.	W (2).
PL_3	γ_8	moy.	568,9	←—		invisible		—→
O_4L_3	γ_4	ass. forte	573,8	865,8	894,0	924,5	957,2	1026,2
N_4L_3	γ_9	tr. faible	»	883,0	912,0	942,6	975,0	1043,9
O_2L_2	γ_2	variable	593,3 forte	901,6 ?	931,6 ?	963,7 ass. forte	999,1 ass. forte	1072,0 moy.
N_6L_3	γ_3	forte	596,8	896,1	925,8	956,8	988,8	1059,2
N_7L_3	γ_7	forte	603,8	901,6	931,6	962,3	995,7	1065,6
N_2L_2	γ_6	tr. faible	603,8	907,5	937,9	971,4	1005,3	1078,5
N_5L_2	γ_1	tr. forte	612,8	924,4	955,4	988,4	1022,5	1095,5
N_8L_2	γ_5	ass. forte	634,4	953,3	985,1	1019,7	1054,1	1128,8
M'_1L_3	β_8	moy.	679,7	1018,2	1052,4	1087,4	1123,8	1203,4
M_2L_3	β_9	faible	685,3	1025,4	1059,3	1094,7	»	1210,5
$\left\{ \begin{matrix} M'_2L_3 \\ M''_2L_3 \end{matrix} \right\}$	$\left\{ \begin{matrix} \beta_{10} \\ \beta'_{10} \end{matrix} \right\}$	tr. faibles	» (3)	$\left\{ \begin{matrix} 1029,6 \\ 1031,6 \end{matrix} \right\}$	»	»	»	1218,0
M_3L_3	β_3	forte	708,6	1065,2	1099,6	1138,4	1177,4	1259,8
M_2L_2	β_1	tr. forte	718,1	1080,9	1117,2	1154,9	1194,6	1278,8
O_2L_1	β_5	variable	724,2 forte	1038,0 forte	1070,0 forte	1103,3 ass. forte	1138,9 ?	1214,6 moy.
O_5L_1	β_7	variable	734,0 moy.	1045,3 moy.	1076,2 faible	1108,2 faible	←— invisible	—→
N_2L_1	β'_7	moy.	736,4	1047,2	1079,0	1111,6	1147,9	1222,4
M_4L_3	β_4	forte	745,9	1104,1	1140,0	1177,3	1215,9	1298,5
$\left\{ \begin{matrix} N_3L_1 \\ N'_3L_1 \end{matrix} \right\}$	$\left\{ \begin{matrix} \beta''_2 \\ \beta'''_2 \end{matrix} \right\}$	ass. fortes	745,9	$\left\{ \begin{matrix} 1061,0 \\ 1062,3 \end{matrix} \right\}$	1094,1	1127,3	1161,6	1236,0
N_4L_1	β_2	tr. forte	752,7	1067,5	1099,6	1132,9	1167,8	1242,4
N_5L_1	β'_2	ass. forte	754,7	1069,5	1101,0	»	1169,6	visible
N_8L_1	β_6	ass. forte	785,9	1108,7	1140,0	1177,3	1210,7	1288,3
M_3L_2	β_{11}	tr. faible	»	»	1163,4	1204,4	»	1334,4
M_5L_2	η	ass. forte	802,8	»	»	1283,6	1325,8	»
M_1L_1	α_3	ass. forte	»	»	1304,9	1343,3	1383,2	»
M'_1L_1	α_1	tr. forte	»	»	1310,0	1348,5	1388,3	»
M_2L_2	α_2	forte	»	»	1321,0	1359,5	1399,3	»

(1) Ordre des intensités croissantes : très faible, faible, moyenne, assez forte, forte, très forte.

(2) Deux autres lignes 1254 et 1389 ont été signalées dans le spectre du tungstène : la première est le 6e ordre de sa raie $K\alpha_1$, la seconde est la raie $K\beta_1$ du cuivre.

(3) Ce doublet n'est pas dû à l'absorption d'une trace de vapeur de mercure par l'anticathode, car la forte raie de $Hg\,\beta_5$ n'est pas observable. Il semble d'ailleurs avoir une signification particulière (isotopes?), car le platine ne le possède pas. Nous trouvons en outre deux satellites de $Au\,\beta_5$ excessivement faibles mais nets : $\beta'_5 = 1036,0$ (O_1L_1) et $\beta''_5 = 1041,2$ (O_3L_1) avec une dispersion de 35 volts par millimètre.

MAGNÉTISME. — *Sur le champ démagnétisant des barreaux cylindriques d'acier doux.* Note (1) de M. **Dejean**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'influence démagnétisante des pôles, dans les barreaux cylindriques et dans les ellipsoïdes d'acier, placés dans un champ magnétique, a été étudiée par de nombreux auteurs. On a même pu traduire les résultats de ces études sous une forme simple, par l'introduction du facteur démagnétisant.

Un barreau placé dans un champ uniforme $\mathcal{H}_b$ prend une intensité d'aimantation $\mathfrak{I}$ sensiblement uniforme dans la partie médiane de sa longueur. Le champ $\mathcal{H}_a$ agissant à l'intérieur est

$$\mathcal{H}_a = \mathcal{H}_b - N\mathfrak{I},$$

la quantité $N\mathfrak{I}$ étant ce que l'on a convenu d'appeler le *champ démagnétisant*, et N le *facteur démagnétisant*. On admettait autrefois que ce facteur N était constant et dépendait uniquement du rapport de la longueur L au diamètre D du barreau, c'est-à-dire de $m = \frac{L}{D}$.

Les recherches de Benedicks (2) et de Schuddemagen (3) en particulier ont montré que N n'est qu'approximativement constant dans un intervalle compris entre $\mathfrak{I} = 100$ et $\mathfrak{I} = 800$. Les recherches un peu plus étendues, tant par les dimensions des échantillons que par la grandeur des champs obtenus, que nous allons résumer ici, nous permettront de mieux définir les variations de N et d'en tirer quelques conclusions.

Nous avons effectué nos essais sur une série de huit barreaux cylindriques, ayant tous uniformément 20^{mm} de diamètre et les longueurs respectives ci-après : 5^{mm}, 10^{mm}, 20^{mm}, 50^{mm}, 100^{mm}, 200^{mm}, 400^{mm}, 1200^{mm}, auxquelles correspondent les valeurs suivantes de m : 0,25 ; 0,5 ; 1 ; 2,5 ; 5 ; 10 ; 20 ; 60. Enfin, un anneau ayant à peu près la même section que les barreaux donnait les courbes correspondant à un champ démagnétisant nul et à une valeur de $m = \infty$. Tous ces barreaux, ainsi que l'anneau, avaient été forgés dans le même lingot d'acier extra-doux et avaient subi le même traitement thermique.

---

(1) Séance du 10 octobre 1921.

(2) *Wied. Ann.*, t. 6, 1901, p. 726.

(3) *Proc. Amer. Acad.*, t. 43, 1907, p. 185.

Nous donnons (*fig.* 1) les courbes $\mathfrak{J} = f(\mathcal{H})$, déterminées sur chacun des barreaux ($\mathcal{H}_b$) et sur l'anneau ($\mathcal{H}_a$). Ces courbes ont été déterminées au balistique par la méthode d'inversion des champs.

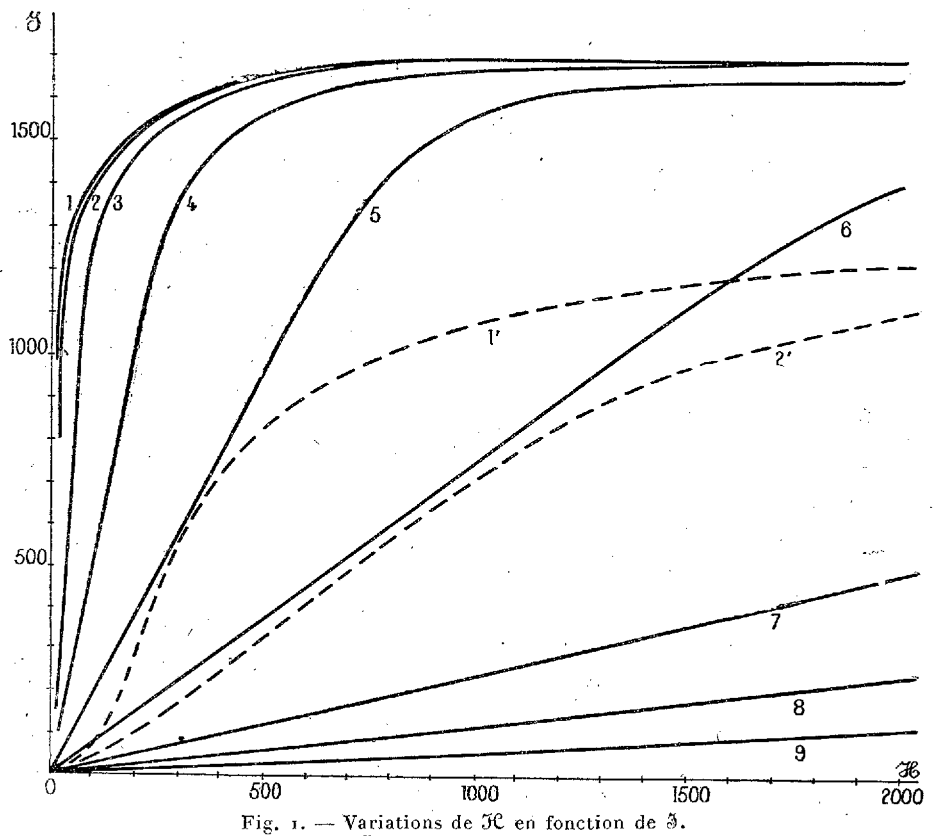


Fig. 1. — Variations de $\mathcal{H}$ en fonction de $\mathfrak{J}$.

1, courbe relative à un anneau, $m = \frac{L}{D} = \infty$.

2 à 9, courbes relatives à un barreau cylindrique : 2, $m = 60$; 3, $m = 20$; 4, $m = 10$; 5, $m = 5$ 6, $m = 2,5$; 7, $m = 1$; 8, $m = 0,5$; 9, $m = 2,5$.

1' et 2', courbes 1 et 2 avec échelle des $\mathcal{H}$ 100 fois plus grande.

Étant en possession de ces courbes, il nous est facile de déterminer, pour chaque valeur de $\mathfrak{J}$ et pour chaque type de barreau, les valeurs $\mathcal{H}_b - \mathcal{H}_a = N\mathfrak{J}$, qui représentent le champ démagnétisant. On en tire, non moins facilement, dans chaque cas, la valeur de N, car $N = \frac{\mathcal{H}_b - \mathcal{H}_a}{\mathfrak{J}}$.

Nous donnons (*fig.* 2) les courbes $\mathfrak{J} = f(\mathcal{H})$, ainsi obtenues pour chaque type de barreau.

On remarque immédiatement que, comme l'ont déjà signalé les auteurs précédemment cités, le coefficient démagnétisant n'est approximativement

constant que dans un intervalle très restreint. Au-dessous de $\mathfrak{J} = 200$, le coefficient N diminue d'une manière très appréciable avec $\mathfrak{J}$. Au-dessus de $\mathfrak{J} = 1800$, il diminue quand $\mathfrak{J}$ augmente; d'abord assez lentement, puis

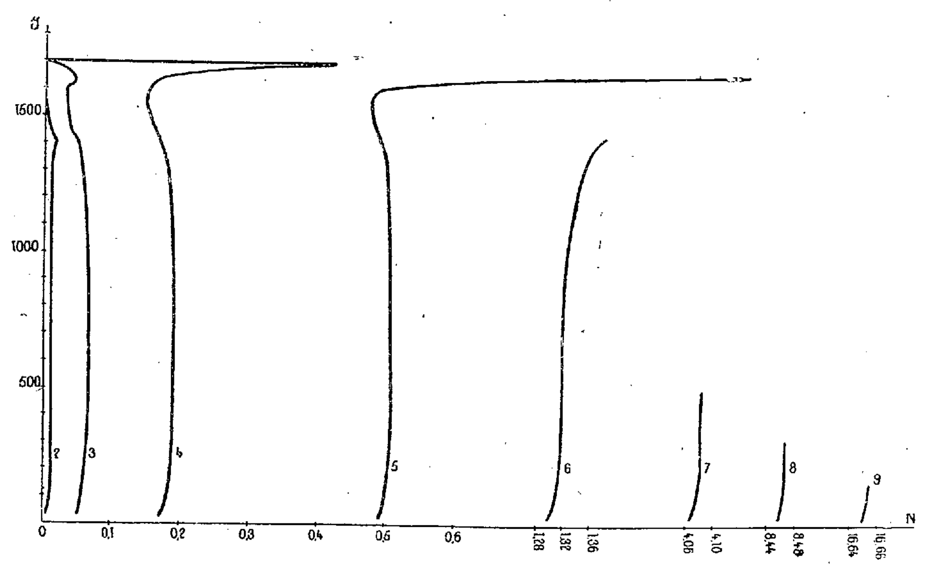


Fig. 2. — Variation du coefficient démagnétisant N en fonction de $\mathfrak{J}$.

d'une manière beaucoup plus rapide. Il passe alors par un minimum, remonte ensuite très rapidement et, après un maximum souvent très élevé, il s'annule brusquement. Les courbes 5, 6, 7, 8 et 9 sont inachevées.

Pour les barreaux relativement longs ($m > 20$), les valeurs de $\mathfrak{J}$ pour lesquelles N passe par un maximum et s'annule, sont d'autant plus élevées que m est plus petit. Au delà de $m = 20$, les valeurs restent sensiblement constantes. En particulier, l'annulation de N se produit pour une valeur de $\mathfrak{J}$ correspondant à la saturation du métal étudié.

Lorsqu'on produit un champ magnétique entre deux masses de fer, si ces masses sont saturées, il n'est pas nécessaire (¹) de fermer le circuit magnétique par une carcasse pesante et coûteuse, car le champ démagnétisant n'intervient plus.

On remarquera enfin que, lorsque m diminue, les courbes $\mathfrak{J} = f(\mathcal{H})$ prennent de plus en plus l'allure des courbes théoriques des paramagnétiques. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce point important.

(¹) Voir H. Ollivier, *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, t. 21, 1910, p. 289 et 322.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur la fabrication de l'hydrogène par liquéfaction partielle du gaz à l'eau.* Note (¹) de M. **Georges Claude**, présentée par M. Rateau.

J'ai signalé précédemment (²) que des difficultés rencontrées dès 1908 m'avaient conduit à abandonner, pour la fabrication de l'hydrogène destiné à la synthèse de l'ammoniaque, la voie séduisante de la liquéfaction partielle du gaz à l'eau et des gaz analogues. J'ai indiqué que j'avais été amené à un autre procédé livrant l'hydrogène comme résidu, pratiquement pur, de la dissolution de ces gaz dans l'éther ordinaire.

Revenant d'autre part à la liquéfaction, nous avons réussi, mes collaborateurs et moi, à surmonter les difficultés qui m'avaient arrêté; et le problème s'est trouvé résolu, dans le cas du gaz à l'eau, avec une simplicité si satisfaisante que c'est ce procédé qui fonctionne maintenant dans notre usine.

On s'étonnera peut-être de me voir aboutir ainsi au procédé appliqué tout d'abord dans l'exploitation du procédé Haber et remplacé depuis par l'actuel procédé de catalyse du gaz à l'eau.

Mais il faut remarquer que Linde, dont la *Badische Anilin* employait les appareils, n'a jamais renoncé à la détente *sans travail extérieur*. Or celle-ci ne peut normalement être utilisée dans ce cas du gaz à l'eau, l'hydrogène, gaz *plus que parfait* à de certains égards, *s'échauffant* dans une pareille détente.

Linde recourait donc à l'*azote liquide* pour *liquéfier indirectement* l'oxyde de carbone du gaz à l'eau.

Avec la détente *avec travail extérieur*, il n'y a bien entendu plus à se préoccuper de gaz plus que parfait : on peut donc refroidir et liquéfier *directement* le gaz à l'eau, ce qui simplifie tout.

En gros, le gaz d'eau, préalablement comprimé, épuré et desséché, est d'abord refroidi dans un échangeur de températures par l'oxyde de carbone et l'hydrogène précédemment séparés.

Il pénètre ensuite (*fig.* 1) par le collecteur C dans un faisceau tubulaire ascendant F dont le bas baigne dans de l'oxyde de carbone liquide. Sous l'effet combiné de sa pression et des — 190° de ce bain, l'oxyde de carbone

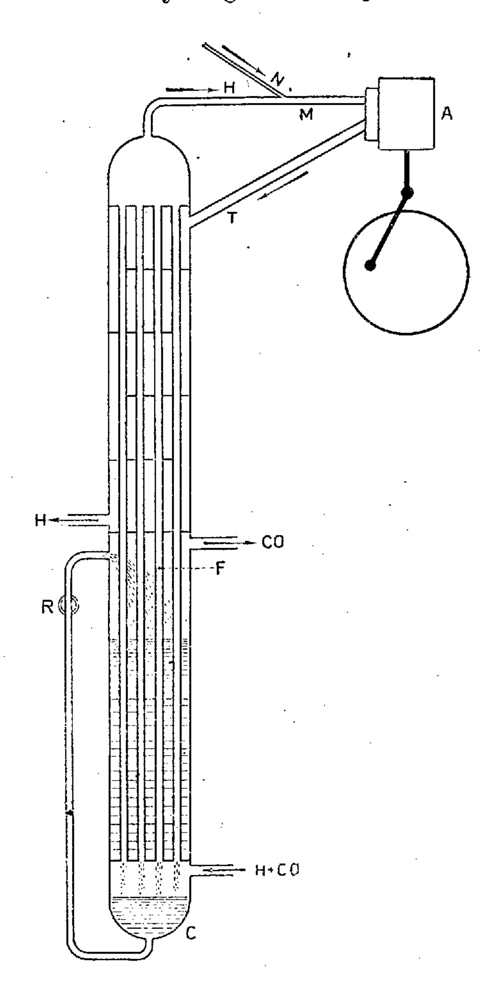
(¹) Séance du 3 octobre 1921.

(²) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 974.

du gaz à l'eau se liquéfie en majeure partie, retombe dans le collecteur C, et va par R remplacer au dehors celui qui s'évapore.

Les gaz restants s'élèvent dans le faisceau et se trouvent soumis, comme il va être expliqué, à une température plus basse encore qui liquéfie le reste de l'oxyde de carbone.

C'est donc seulement de l'hydrogène, comprimé et très froid, qui sort



du haut du faisceau ; c'est cet hydrogène qui, détendu dans le moteur A et encore refroidi par cette détente, est renvoyé par T autour du faisceau, pour y produire la température très basse dont je viens de parler.

Mais cela, c'est la théorie. En fait, si A est un moteur à piston (l'emploi d'une turbine conduirait à des volumes de gaz énormes), ce moteur *marche mal*, sa lubréfaction n'étant plus assurée à ces températures : l'éther de

pétrole est, en effet, gelé à ces températures, et l'hydrogène ne peut assurer l'autolubréfaction réalisée dans les machines à air liquide.

Mais l'hydrogène à produire, destiné à la synthèse de l'ammoniaque, ne craint pas la présence d'un peu d'azote. Il suffira dès lors de lui mélanger avant son arrivée au détendeur, par M, une petite quantité d'azote (de 5 à 10 pour 100). La dépense d'énergie correspondante sera infime, et l'azote, se résolvant en buée à la fin de chaque détente, assurera la lubréfaction.

Effectivement, dès qu'on envoie l'azote, la puissance du détendeur se relève et la température s'abaisse, passant par exemple de -195° à -207°, ce qui entraîne une diminution énorme dans la teneur en CO. On n'est plus limité que par la température de congélation de l'azote, soit -210°, et cette limite est suffisante dans la pratique.

Cette addition d'azote entraîne un autre effet technique très important. Quand rien n'est ajouté à l'hydrogène, sa masse calorifique est moindre que celle des gaz qui montent dans le faisceau, de tout ce qui correspond à l'oxyde de carbone refroidi et *liquéfié* dans ces gaz sous l'influence du courant d'hydrogène. Donc, même avec un échangeur parfait, le gaz à refroidir ne peut atteindre en haut du faisceau une température égale à celle de l'hydrogène entrant. Ainsi, non seulement la température de détente n'est pas bonne par suite de la mauvaise lubréfaction, mais les gaz à purifier n'en bénéficient même pas.

Au contraire, si la masse calorifique de l'hydrogène est augmentée de celle de l'azote, elle peut dépasser celle des gaz à refroidir, et ceux-ci peuvent atteindre, à l'écart de l'échangeur près, la température de l'hydrogène entrant. Ainsi, grâce à l'azote et au meilleur rendement frigorifique qu'il entraîne, la température est à la fois plus basse et mieux utilisée.

Un appareil traitant 500^{m^3} de gaz à l'eau par heure fonctionne déjà à Montereau sous une pression voisine de 35^{atm}. Il fournit environ 230^{m^3} par heure d'hydrogène renfermant 1,5 pour 100 de CO, qu'il est facile d'éliminer dans la synthèse de l'ammoniaque par les hyperpressions, et qui, d'ailleurs, sera aisément diminué par la suite.

Un appareil de 500^{m^3} d'hydrogène à l'heure fonctionnerait sans doute à moins de 25^{atm}.

Ce procédé achète par une dépense de 0,3 ch-h environ par mètre cube d'hydrogène sa simplicité et sa puissance de production; mais cette énergie peut être fournie à très bas prix par l'utilisation d'un quart au plus de la force motrice produite par l'oxyde de carbone dans des moteurs à gaz; le reste est disponible pour la synthèse elle-même.

CHIMIE MINÉRALE. — *Procédé rapide pour doser l'acide phosphorique.* Note de M. **H. Copaux**, présentée par M. Haller.

Dans des recherches suivies, comportant de nombreux dosages d'acide phosphorique, le procédé ordinaire de précipitation par le réactif magnésien absorbe un temps si considérable qu'on voudrait pouvoir disposer d'une méthode plus expéditive, même au prix d'une moindre précision.

Voici une solution de ce problème d'analyse.

Quand de l'acide phosphorique, additionné d'un autre acide, sulfurique, chlorhydrique, etc., est agité avec de l'éther et un molybdate alcalin, il se forme de l'acide phosphomolybdique, qui s'unit à l'éther et à l'eau en un liquide jaune, dense, non miscible à son eau mère.

Une fois l'équilibre établi, on a trois phases liquides : un excès d'éther, la solution aqueuse et la liqueur phosphomolybdique jaune.

Cette réaction, aperçue pour la première fois par Marignac sur l'acide silicotungstique, tranformée par E. Drechsel, en 1887, en une méthode de préparation des acides complexes du molybdène et du tungstène, est générale pour les séries en 24 MoO^3 et en 24 TuO^3. Mais elle est particulièrement nette avec l'acide phosphomolybdique, qui sort presque intégralement de sa dissolution aqueuse à l'état de ce liquide jaune, pourvu que le milieu soit suffisamment acide et toujours saturé d'éther : 1mg de P^2O^5, traité dans ces conditions, est nettement précipité en une gouttelette dont le volume est d'environ $\frac{1}{20}$ de centimètre cube.

Si l'on détruit l'équilibre en ajoutant un excès d'eau, les trois phases se confondent et l'on n'a plus qu'une dissolution homogène d'acide phosphomolybdique et d'éther dans de l'eau acidulée.

L'analyse du liquide jaune, répétée sur des échantillons différents, m'a donné les nombres qui suivent :

				Moyenne.
P^2O^5	1,66	1,84	1,68	1,73
$P^2O^5 + MoO^3$	43,81	44,18	43,56	43,85
$C^4H^{10}O$	32,27	33,46	33,33	33,02
H^2O	»	20,40	22,90	21,65

Ce qui peut être exprimé, en molécules-grammes, par la formule approximative :

$$P^2O^5 . 24 MoO^3 . 3 H^2O + 96 H^2O + 37 C^4H^{10}O.$$

L'analyse présente quelques difficultés, surtout dans le prélèvement, et, sauf en ce qui concerne le rapport $P^2O^5 : MoO^3$, qui est bien exactement

de 1 à 24, les résultats ne sont pas assez constants pour qu'on puisse assurer que ce liquide phosphomolybdique est un composé défini.

Il n'est pas impossible que ce corps — tout à fait isotrope en lumière polarisée — soit un cristal surfondu, où des molécules d'eau et d'éther seraient associées à une molécule d'acide phosphomolybdique, car on connaît des phospho et des silicotungstates qui cristallisent à la fois avec de l'eau et des molécules étrangères, nitrates alcalins, acétone, etc.

Quoi qu'il en soit, la composition de ce liquide est assez constante et sa teneur en P^2O^5 assez petite pour qu'on puisse fonder un dosage pratique sur la mesure de son volume. Son poids spécifique étant 1,23 à 20° et sa teneur moyenne en P^2O^5 1,73 pour 100, on calcule aisément que 1^{mg} de P^2O^5, en cet état, doit occuper environ $\frac{1}{20}$ de centimètre cube, ce qui est d'accord avec l'expérience précédemment citée.

Mais pour donner au procédé toute l'exactitude possible, on ne s'en tiendra pas au calcul; on procédera par comparaison en déterminant le volume de liqueur jaune donné par une solution type de phosphate pur.

Pratique du dosage. — Les appareils que j'ai fait construire par M. Berlemont pour l'exécution de ces dosages sont des ampoules à décanter, formées d'une boule de verre de 60^{cm^3} de capacité, portant un col court à bord dressé et une douille de 80^{mm} de long et 6^{mm} de diamètre intérieur, graduée en dixièmes de centimètre cube; la capacité totale de la douille est égale à 2^{cm^3}.

Les réactifs sont : 1° Une solution d'acide sulfurique à 200^g SO^4H^2 par litre;

2° Une solution de molybdate de sodium, préparée en dissolvant à chaud 100^g d'anhydride molybdique dans 32^g de carbonate de sodium, avec de l'eau et complétant à 1^l;

3° De l'éther exempt d'alcool;

4° Une solution type de phosphate d'ammoniaque $PO^4H^2NH^4$, à 5^g environ par litre, qu'il sera bon de vérifier par la méthode pondérale, car la teneur en P^2O^5 du phosphate d'ammoniaque commercial est souvent un peu inférieure au nombre théorique 61,73 pour 100.

Réaction. — L'expérience montre que l'ordre de mélange des réactifs a de l'importance et que, pour rassembler tout l'acide phosphorique sous la forme voulue, il faut mélanger intimement les liquides au moment de leur contact.

On introduit dans l'ampoule 10^{cm^3} de la liqueur étalon, 10^{cm^3} de liqueur sulfurique et de l'éther en quantité suffisante pour qu'il en surnage une couche de 3^{mm} à 4^{mm}. Prenant alors l'ampoule d'une main et la fermant avec le pouce, on l'agite, puis on y verse, en cinq ou six fois, 15^{cm^3} de molybdate de sodium, en agitant après chaque addition.

Un mélange identique est préparé dans une autre ampoule semblable à la première, et les deux appareils sont portés au centrifugeur, appareil ordinaire tournant à la main, auquel j'ai simplement fait adapter un cadre mobile, à la dimension des ampoules.

En une ou deux minutes, la séparation des trois phases est complète. On lit le volume du liquide phosphomolybdique et l'on calcule la valeur d'une division de l'échelle en milligrammes de P^2O^5.

Il est clair qu'en répétant cette expérience sur le phosphate à doser, on aura par un calcul de proportion la teneur du phosphate en P^2O^5.

Dans le cas d'un phosphate naturel, on traitera 1^g de substance par 3^{cm^3} ou 4^{cm^3} d'acide nitrique et un peu d'eau, pendant 10 ou 15 minutes au bain-marie; après une évaporation à sec, dont on peut se dispenser, si l'on tient plus à la rapidité qu'à la précision, on dilue, on jette sur un petit filtre à plis, on lave, en recueillant le liquide dans une fiole jaugée de 100^{cm^3}, et l'on titre sur 10^{cm^3} de cette liqueur.

Exemples de résultats. — Sur du phosphate ammoniaco-magnésien pur, je trouve 28,90 pour 100 P^2O^5, au lieu de 28,91, par précipitation et pesée.

Sur du phosphate monopotassique cristallisé, 52,43 pour 100 P^2O^5, au lieu de 52,52 par la méthode pondérale.

Sur un phosphate naturel, provenant des mines de la Société des Phosphates tunisiens, 27,76 pour 100 P^2O^5, au lieu de 27,81 et 27,93, nombres obtenus par une précipitation en présence de citrate, suivie d'une seconde précipitation au réactif magnésien exempt de citrate.

La méthode est donc susceptible d'une très bonne précision. Je dois signaler que la réaction tombe en défaut, quand la liqueur contient des citrates, à moins de les détruire préalablement, ce qui me paraît d'ailleurs réalisable sans trop de complications.

Tel quel, et toutes les fois qu'il est applicable, ce procédé a le grand avantage d'économiser beaucoup de temps.

A partir du moment où la liqueur de phosphate à doser est prête, il suffit d'un quart d'heure pour connaître sa teneur en P^2O^5, alors qu'il faut 3 ou 4 heures et des soins beaucoup plus assidus, quand on suit la méthode de précipitation par le réactif magnésien.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le pétrole préparé avec l'huile de colza.* Note de M. Alphonse Mailhe.

Dans un travail antérieur ([1]), j'ai montré que la décomposition de l'huile de lin sur un catalyseur mixte, cuivre-magnésie, conduit à la formation d'un gaz de haute puissance calorifique et d'un liquide qui, après hydrogénation sur nickel à 180°, constitue un pétrole mixte, formé d'hydrocarbures forméniques et cycliques, avec prédominance de ces derniers.

La plupart des huiles végétales se comportent d'une manière identique.

([1]) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 358.

En particulier, *l'huile de colza* a été traitée sur un catalyseur cuivre-alumine dans un tube en cuivre à une température de 550°-650°. Il s'est formé des gaz non condensables et un liquide.

Le gaz, très éclairant, est formé de carbures éthyléniques, forméniques et d'hydrogène accompagnés d'oxyde de carbone et d'anhydride carbonique.

Du liquide de couleur brun acajou on isole facilement deux fractions, l'une bouillant jusqu'à 150°, l'autre jusqu'à 250°. Le résidu, passé de nouveau sur le catalyseur, fournit une nouvelle quantité de ces produits.

Après traitement par la soude diluée et l'eau, chacun de ces liquides est soumis à l'hydrogénation sur le nickel à 180°.

La portion qui distille au-dessous de 150° possède une odeur agréable d'essence; elle ne donne qu'une légère coloration ambrée avec l'acide sulfurique. La densité est $D_{23^\circ} = 0,7684$. Elle est soluble dans l'alcool en toutes proportions. Par rectification, elle fournit les fractions suivantes :

° °	$D_{23^\circ} =$	° °	$D_{23^\circ} =$
80- 90	0,7428	120-125	0,7710
90-100	0,7509	125-130	0,7716
100-105	0,7572	130-135	0,7725
105-110	0,7615	135-140	0,7777
110-115	0,7676	140-145	0,7802
115-120	0,7704	145-150	0,7853

On remarque immédiatement que ces densités très élevées ne peuvent correspondre qu'à des hydrocarbures cycliques et sont légèrement affaiblies par de très petites quantités de carbures forméniques. Effectivement la portion 80°-90°, a fourni par nitration de la nitrobenzine changée en aniline et de la dinitrobenzine. Après séparation de ces dérivés nitrés, le liquide restant qui renferme un peu de cyclohexane à côté de carbures gras a une densité $D_{23^\circ} = 0,7015$.

La nitration de la fraction 110°-115° a permis d'isoler le dinitrotoluène, fondant à 70°, et l'action du mélange sulfo-nitrique chaud sur la portion 135°-140°, a fourni, à côté de produits nitrés liquides, de belles aiguilles fondant à 174°-175°, caractéristiques du trinitrométaxylène.

Le liquide hydrogéné distillant de 150° à 250° est un produit incolore, d'odeur agréable de pétrole, soluble dans l'alcool; $D_{23^\circ} = 0,8390$. Le fractionnement de 5° en 5° conduit à des liquides formés en grande partie d'hydrocarbures cycliques, dont les densités à 23° vont régulièrement en croissant depuis 0,7905 (portion 150°-155°) jusqu'à 0,8513 (portion 220°-225°).

Ces résultats montrent que la décomposition de l'huile de colza en présence de cuivre-alumine suivie d'hydrogénation, conduit à un mélange d'hydrocarbures cycliques et forméniques dans lequel dominent fortement les premiers. Dans une expérience, au début de l'hydrogénation sur un nickel actif, une portion de liquide distillant de 100° à 120°, $D_{23°} = 0,7584$, contenait seulement des *hydrocarbures cyclohexaniques*, accompagnées de traces de forméniques. Ce liquide n'était pas attaqué en effet par le mélange sulfonitrique; mais, après passage sur nickel à 350°, il a formé de la benzine et du toluène, identifiés par leur transformation en dérivés nitrés et le liquide résiduel de la nitration avait pour densité $D_{21°} = 0,7210$.

Il semble donc qu'en dirigeant la réaction d'hydrogénation sur un nickel plus ou moins actif, l'on puisse produire à volonté tel ou tel pétrole renfermant surtout des carbures cycliques à la fois aromatiques et cycloforméniques ou bien simplement cycloforméniques.

BOTANIQUE. — *La théorie de la syncotylie et le cas du* Streptopus amplexifolius *D. C. La notion de phyllode appliquée à l'interprétation du cotylédon des Monocotylédones.* Note [1] de M. **P. Bugnon**, présentée par M. Guignard.

R. Wettstein a consacré un récent travail [2] à l'étude de la germination d'une Liliacée-Paridée, le *Streptopus amplexifolius* D. C., et l'auteur croit pouvoir déduire des faits observés une confirmation nouvelle de la théorie de la syncotylie émise par E. Sargant [3].

On sait que le cotylédon unique des Monocotylédones présente, au moins en apparence, au lieu d'un faisceau libéroligneux médian, deux faisceaux, symétriques par rapport au plan médian de l'organe et plus ou moins écartés l'un de l'autre; les partisans de la théorie de la syncotylie voient, dans ces deux faisceaux, les homologues des faisceaux médians de deux cotylédons comparables à ceux des Dicotylédones et qui seraient étroitement fusionnés.

Chez le *Streptopus amplexifolius*, le cotylédon prend assez vite les fonc-

(1) Séance du 10 octobre 1921.

(2) R. Wettstein, *Die Keimung von* Streptopus amplexifolius *D. C.* (*Osterreichische Botan. Zeitschrift*, 69e année, 1920, p. 31).

(3) E. Sargant, *A theory of the origin of Monocotyledons founded on the structure of their seedlings* (*Ann. of Bot.*, t. 17, 1903, p. 1).

tions et sensiblement la taille et l'aspect des feuilles végétatives que la plante portera par la suite. La première de celles-ci, au-dessus du cotylédon, en est séparée par une feuille intermédiaire, spécialisée en écaille protectrice du bourgeon terminal. Or, d'après la description de Wettstein, cette première feuille végétative a, comme le cotylédon, au lieu d'un faisceau libéroligneux médian, deux faisceaux dont les parties ligneuses sont rapprochées sur la ligne médiane, les parties libériennes étant au contraire écartées, de façon à figurer pour l'ensemble, en section transversale, un V.

Si l'on ne veut être forcé d'admettre que la même structure puisse avoir, dans deux organes qui se ressemblent, deux significations totalement différentes, on doit logiquement déduire de cette similitude d'organisation libéroligneuse l'alternative suivante, dont la nécessité paraît avoir échappé à Wettstein :

1° Ou bien la première feuille végétative ordinaire, qu'on ne peut certainement ramener à un cotylédon, doit être, au même titre que le cotylédon, assimilée au résultat de la fusion de deux feuilles;

2° Ou bien le cotylédon, pas plus que la première feuille végétative, ne peut être regardé comme un produit de coalescence de deux feuilles.

La première façon de voir paraît difficilement soutenable et elle n'a, d'ailleurs, pas encore été soutenue.

Les considérations qui suivent semblent, par contre, justifier l'adoption de la seconde, ce qui équivaut à rejeter la théorie de la syncotylie.

Les cotylédons des Dicotylédones présentent souvent, à la base et sur une portion plus ou moins longue de leur nervure médiane, une organisation libéroligneuse en tous points comparable à celle qui vient d'être rappelée pour le cotylédon des Monocotylédones. C'est ainsi, par exemple, que le cotylédon adulte du *Mercurialis annua* offre, apparemment, sur toute la longueur de son pétiole et dans la partie inférieure de son limbe, au lieu d'un faisceau libéroligneux médian unique, deux faisceaux nettement séparés et symétriques par rapport au plan médian de l'organe. G. Chauveaud, en particulier, dans un Mémoire classique [1], a fait une description minutieuse de nombreux cas de ce genre et il a bien montré l'identité de cette organisation chez les Dicotylédones et les Monocotylédones (*Allium Cepa*, *Triglochin palustre*, *Yucca aloifolia*, etc.; il l'interprète d'ailleurs d'une

(1) G. Chauveaud, *L'appareil conducteur des plantes vasculaires et les phases principales de son évolution* (*Ann. Soc. nat.*, 9e série, *Bot.*, t. 13, 1911, p. 113).

manière absolument différente de celle de Sargant. Mais, quelle que soit l'interprétation que l'on doive accorder à cette structure libéroligneuse, il n'en résulte pas moins que la dualité, au moins apparente, des faisceaux de la nervure médiane d'un cotylédon ne peut être considérée, chez les Monocotylédones seulement, comme le résultat et le témoignage d'une syncotylie; la même explication doit valoir aussi bien pour les Dicotylédones, ce qui rend l'hypothèse insoutenable.

Une autre interprétation de l'organisation libéroligneuse du cotylédon des Monocotylédones par rapport à celle du cotylédon des Dicotytédones est dès maintenant possible et semble devoir échapper aux objections graves qu'on peut faire à la théorie de la syncotylie.

Les travaux d'Agnès Arber (1), mes recherches personnelles sur les Graminées (2) conduisent à envisager la feuille des Monocotylédones en général comme un phyllode, ce mot étant pris dans son acception la plus large et désignant un organe en forme de limbe et fonctionnant comme tel, mais homologue d'un pétiole ou d'une gaine de feuille de Dicotylédone. Cette conception, appliquée aux feuilles cotylédonaires, explique tout naturellement que la structure libéroligneuse du cotylédon des Monocotylédones soit conforme, sur toute la longueur de cet organe, à celle de la base foliaire seulement des cotylédons de Dicotylédones.

Ainsi, la théorie de la syncotylie, essentiellement fondée sur l'existence d'une dualité, réelle ou apparente, des faisceaux libéroligneux de la nervure médiane cotylédonaire chez les Monocotylédones, devient inacceptable après la constatation de la même dualité dans des organes unanimement considérés comme simples : première feuille végétative ordinaire du *Streptopus*, base des cotylédons de *Mercurialis*, etc.

Par contre, l'interprétation phyllodienne, que j'émets ici pour le

(1) A. Arber, *The phyllode theory of the monocotyledonous leaf, with special reference to anatomical evidence* (*Ann. of Bot.*, t. 32, 1918, p. 463); *The vegetative morphology of Pistia and the Lemnaceæ* (*Proc. Roy. Soc. Lond., B.*, t. 91, 1919, p. 96); *Leaf-base phyllodes among the Liliaceæ* (*Bot. Gaz.*, t. 69, 1920, p. 337); *Tendrils of Smilax* (*Ibid.*, p. 435); *On the leaf structure of certain Liliaceæ, considered in relation to the phyllode theory* (*Ann. of Bot.*, t. 34, 1920, p. 447); *The leaf structure of the Iridaceæ, considered in relation to the phyllode theory* (*Ann. of Bot.*, t. 35, 1921, p. 301); *Leaves of the Helobieæ* (*Bot. Gaz.*, t. 72, 1921, p. 31); *Leaves of certain Amaryllids* (*Ibid.*, p. 102).

(2) P. Bugnon, *La feuille chez les Graminées* (*Thèse Doct. sc. nat.*, Paris, 1921, et *Mémoires de la Soc. Linn. de Normandie*, t. 21, 2e fasc.).

cotylédon des Monocotylédones, tout en ne préjugeant en aucune façon de la signification qu'il faut attribuer à cette structure libéroligneuse si spéciale, rend compte très simplement des ressemblances et des différences qu'elle présente chez les Monocotylédones et les Dicotylédones. Si elle permet d'abandonner la théorie de la syncotylie, elle se concilie au contraire parfaitement avec celle de l'hétérocotylie, dont Hill (¹) a été le principal protagoniste : les Graminées peuvent sans doute en fournir un exemple démonstratif (²).

EMBRYOLOGIE. — *Fécondation artificielle et développement de l'Apron* (Aspro asper *L.*). Note de MM. **L. Léger** et **S. Stankovitch**, présentée par M. Henneguy.

De tous nos Percides d'eau douce (Perche, Grémille et Apron) l'Apron (*Aspro asper* L.) est actuellement le seul au sujet duquel on ne possède aucune donnée précise sur le développement de l'œuf et de l'alevin.

Ayant eu l'occasion de capturer quelques couples de ce poisson dans l'Isère, au moment de leur reproduction, c'est-à-dire en mars, nous avons pu, au Laboratoire de Pisciculture de Grenoble, effectuer la ponte, la fécondation artificielle et suivre le développement de l'Apron jusqu'au moment où il a atteint tous les caractères morphologiques de l'adulte.

Le 4 mars, une femelle mûre de 17^{cm} laisse échapper, par une faible pression, ses œufs qui sont recueillis dans l'eau sur une pierre rugueuse à laquelle ils adhèrent fortement. La même eau reçoit en même temps quelques gouttes de laitance obtenue d'un mâle de 13^{cm}. Après avoir brassé légèrement l'eau du bassin d'expérience, celui-ci est installé en eau courante à faible débit à la température de 13° à 14° C.

Au moment de la ponte, l'œuf d'Apron est sphérique, transparent, bleuâtre avec une membrane résistante finement ponctuée. Il mesure environ $2^{mm},2$ de diamètre et, en son centre, se trouve une grosse goutte d'huile comme dans l'œuf des autres Percides.

Dès le deuxième jour de l'incubation, l'aire embryonnaire fait saillie à

(¹) A.-W. Hill, *The morphology and seedling structure of the geophilous species of Peperomia, together with some views on the origin of Monocotyledons* (*Ann. of Bot.*, t. 20, 1906, p. 395).

(²) P. Bugnon, *loc. cit.*

la surface du vitellus sous forme d'un mamelon hémisphérique qui se façonne peu à peu, selon le mode connu, en un jeune embryon bientôt recourbé en V sur la vésicule.

Au quinzième jour de l'incubation les yeux sont déjà visibles et 15 jours plus tard, les alevins commencent à s'échapper de la coque. L'éclosion de nos œufs se prolongea pendant environ 5 jours; de sorte que dans de l'eau à 13° il faut de 30 à 35 jours de la fécondation à l'éclosion.

A l'éclosion, le jeune Apron, de forme très allongée rappelant la larve d'*Acerina cernua*, mesure en moyenne 8^{mm} de longueur totale dont $1^{mm},2$ pour la tête. Il est si transparent qu'il est à peine visible. La vésicule vitelline ovoïde, située en arrière de la tête, montre encore la grosse goutte d'huile incolore. L'anus est situé en avant du milieu du corps et immédiatement en arrière de la vésicule. Le nombre des myomères dorsaux est de 41 à 42. Les nageoires pectorales seules sont déjà ébauchées, arrondies à la tranche et leur hauteur est égale à la moitié de la longueur céphalique. Un repli cutané médian de faible hauteur entoure tout le corps depuis l'arrière de la tête jusqu'à l'anus, et donnera par la suite les nageoires impaires.

La tête, arrondie en avant, montre une bouche subventrale à mâchoire inférieure incomplètement développée et encore écartée de la lèvre supérieure. L'œil, assez gros, a une iris jaune cuivreux. La vésicule auditive est bien visible.

L'alevin montre déjà une pigmentation noire très sobrement répartie et représentée : 1° par un petit amas de chromatophores étoilés sur le dessus de la tête; 2° par une rangée de chromatophores suivant le bord inférieur du pédicule caudal jusqu'à l'anus; 3° enfin, par quelques cellules pigmentées à la face inférieure de la vésicule vitelline.

Dès la sortie de l'œuf, les petits alevins montrent une grande agilité nageant toujours très près de la surface sans doute à cause de la goutte d'huile qui diminue leur densité.

A la température de notre expérience, la résorbtion de la vésicule est effectuée en 21 jours, mais on voit encore cependant un petit reste de la goutte d'huile en arrière du cœur. L'alevin mesure alors $10^{mm},2$.

Il est toujours très allongé et sa hauteur maximum est comprise six fois dans la longueur du corps. La croissance a été un peu plus rapide dans la portion antéanale contrairement à ce qu'on a signalé chez la Perche (Ehrenbaum). La bouche a pris sa position normale antérieure et les mâchoires sont garnies de fins denticules. La vessie natatoire est visible très près de

la tête, et l'estomac bien différencié. Les pectorales ont grandi et l'on peut distinguer les ébauches de la deuxième dorsale, de la caudale et de l'anale, mais sans rayons visibles. La tête s'est allongée (2^{mm}) et s'est notablement élargie, ce qui donne déjà à l'alevin la forme en clou de l'adulte. La pigmentation s'est étendue sur la tête et sur le corps; on en distingue trois rangées irrégulières suivant le dos, la moelle et la corde dorsale et suivant la ligne du pédicule caudal signalé plus haut.

L'alevin toujours très agile mange avec avidité le plankton qu'on lui sert (*Simocephalus*, *Nauplii* et petites larves de Chironomides). Ainsi richement nourri, il croît rapidement et, 12 jours plus tard (33e jour après l'éclosion), apparaissent les ébauches des nageoires ventrales et de la première dorsale, à leur position définitive. Il mesure alors $12^{mm},8$. A ce stade commencent à se montrer, parmi les chromatophores noirs, des cellules à pigment orangé qui vont contribuer à donner au poisson sa couleur brun doré caractéristique.

Enfin, vers le 50e jour, l'alevin, de 20^{mm} à 25^{mm}, est dès lors facile à reconnaître, car il a déjà pris les caractères morphologiques de l'adulte : forme triangulaire effilée si caractéristique du corps avec les bandes de pigment en chevron et toutes les nageoires complètement développées. Il gagne alors le fond de l'eau et prend ses habitudes de méfiance qui font que ce poisson est ordinairement si difficile à capturer.

Ainsi, au cours de son développement, l'Apron présente deux modes de vie : d'abord une vie du type de surface avec nourriture planktonique et qui doit se passer dans les lônes et les remous relativement calmes des rivières; puis, vers la taille de 2^{cm}, il prend la station définitive de l'adulte, c'est-à-dire la vie de fond sur les graviers à la tombée des courants, se nourrissant alors surtout de vers et de larves d'insectes et plus tard de petits poissons.

Remarquons enfin que, malgré sa taille réduite, l'Apron est de nos Percides d'eau douce celui dont l'embryon est le plus long (*Acerina* 3^{mm}, d'après Ehrenbaum et *Perca* 5^{mm}, d'après Ehrenbaum et Sundeval), particularité qui est sans doute en rapport avec la forme effilée si spéciale du corps de l'adulte.

BIOLOGIE. — *Sur la production de « variétés à graines marbrées » de la Fève* (Vicia Faba *L.*). Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

En 1912, j'ai reçu du Muséum d'histoire naturelle 6 graines de *Vicia Faba* L. var. *pliniana* petites, d'un noir brillant. Plantées au Laboratoire de Meudon (Seine-et-Oise) au début d'avril, elles ont donné cinq plantes à caractères uniformes, à graines identiques à l'échantillon reçu. La même année, à l'automne, je mis en culture les graines d'une plante unique de Féverole d'hiver (*V. Faba* var. *equina*) récoltée dans les cultures de Locon (Pas-de-Calais). Les deux lignées ont été croisées en mai 1913; les descendances pures suivies en 1913 et 1914 n'ont montré aucune déviation. J'attribue les variations décrites ci-dessous au croisement.

Les parents diffèrent par de nombreux caractères : *V. Faba equina*, vigoureuse, donne 2-3 tiges fortes, égales (120^{cm}), cannelées et creuses, épaisses de 15^{mm} à la base, puis des grappes de fleurs compactes évoluant en 3 à 6 gousses lisses longues de 10^{cm}-12^{cm}; chaque fruit renferme 4 à 6 graines oblongues, de taille moyenne ($12^{mm} \times 8^{mm} \times 6^{mm}$) gris clair uniforme. *V. Faba pliniana*, grêle, donne une tige principale courte (40^{cm}-60^{cm}) suivie de pousses secondaires tardives d'ordinaire stériles; la tige demi-creuse, peu cannelée, offre à la base au plus 7^{mm} d'épaisseur, donne de rares grappes de 2-3 fleurs suivies de gousses très petites à pointe effilée, velues pubescentes; les fruits ne dépassent pas 5^{cm} et renferment ordinairement 2 graines, jamais plus de 4, noires, oblongues du volume d'un pois ($6^{mm} \times 4^{mm} \times 3^{mm}$).

Les croisements furent exécutés avec l'espoir de faire apparaître la Xénie; je n'en ai pas constaté le moindre indice. La combinaison *pliniana* × *equina* faite sur 3 fleurs me donna 2, 1, 0 graines; la combinaison *equina* × *pliniana*, sur 3 fleurs également, 3, 1, 1 graines; les 8 graines furent ensemencées en mars 1914, donnèrent des plantes intermédiaires entre les parents par la taille des tiges, les dimensions des fleurs et des fruits; les tiges étaient nombreuses et bien garnies, peut-être à cause des soins pris au repiquage. Les plantes récoltées en août 1914 n'ont pu être examinées qu'en novembre 1918; les gousses, toutes velues, à bec recourbé renfermaient 214 graines bien formées, toutes identiques. Leur couleur brun mat était sans doute plus accusée qu'à l'époque de la maturité, car j'ai constaté

depuis que la teinte des graines de Fèves jaunes ou vertes brunit avec les années; mises en terre au printemps suivant, elles donnèrent 92 plantes dont la descendance fut suivie jusqu'en 1921.

En *deuxième génération* (F_2-1919) la disjonction du couple *noir-gris* de la couleur des graines parut régulière; 30 *pliniana* × *equina* fournissent en effet 7 plantes à graines grises et 23 à graines brunes ou teintées; 62 graines *equina* × *pliniana* fournissent 15 plantes à graines grises et 47 à graines brunes; les pourcentages des *récessifs gris* (23,5 et 24,3) sont voisins du chiffre théorique 25. Mais les dominants bruns n'étaient pas du tout uniformes et s'échelonnaient en teintes graduées du gris teinté au noir brillant; et même, dans la descendance *equina* × *pliniana*, 10 plantes sur 47 furent notées comme portant des marbrures jaunes ou brunes sur fond terne. En règle générale, les graines sont identiques pour un même individu; deux plantes F_2 me donnèrent cependant quelques gousses où les graines noires faisaient contraste avec les graines marbrées, disjonction en mosaïque que je n'ai pas retrouvée depuis.

La proportion des plantes à graines marbrées fut beaucoup plus forte en F_3 (1920). Les 10 individus à marbrure esquissée en F_2 ne donnèrent que des graines marbrées; les 22 récessifs à graines grises donnèrent 155 plantes à graines grises et 4 à graines marbrées, celles-ci dérivées d'un même individu F_2 qui possédait sans doute des marbrures peu accusées et non reconnues en 1919. De plus, un caractère nouveau, qui m'avait échappé jusque-là, s'est manifesté nettement sur les descendances de quelques plantes F_2; il consiste en fines ponctuations brunes sur fond gris, accentuées d'ordinaire autour de l'ombilic et sur le pourtour des graines.

Les proportions relatives des disjonctions des ascendants bruns (F_2) en F_3 (1920) furent :

Plantes à graines :	Grises.	Noires.	Marbrées.	Ponctuées.
pliniana × *equina* (23)....	62	45	113	6
equina × *pliniana* (47)....	93	52	177	4

Les cultures de 1921 (F_4) confirment ces résultats : les récessifs à graines grises ne donnent que des descendants à graines grises, exception faite de deux lignées où apparut une ponctuation brune en auréole autour de l'ombilic. Les graines noires donnent des plantes peu vigoureuses, peu fertiles, fournissant pour moitié des graines noires en totalité, pour moitié des plantes à graines grises, noires, marbrées et ponctuées selon les proportions trouvées en F_3. Les graines marbrées F_3 donnent surtout des plantes à

graines marbrées; 10 pour 100 seulement montrent des retours, soit au gris, soit au noir. Sur 28 plantes provenant de graines ponctuées, 13 donnent des graines ponctuées, 3 des marbrées, 12 des grises.

D'autre part, un croisement réalisé en fin juin 1919 entre un individu tardif (F_2) *pliniana* × *equina* et *Vicia Faba* à graines vertes (*Windsor bean*) donna en 1920 des graines teintées, intermédiaires, mais plates, dont les 12 descendants en 1921 sont 2 récessifs à graines vertes, 4 à graines brunes, 6 à graines marbrées. Il est remarquable que *la proportion des marbrées l'emporte* ici encore sur les plantes à graines brunes ou grises.

En résumé, les croisements réalisés entre plusieurs sortes divergentes de *Vicia Faba* montrent que *la couleur brune des graines domine la couleur grise ou la couleur verte*. La lignée *pliniana* fait apparaître dans les descendances hybrides et à partir de la deuxième génération *des caractères nouveaux*, *marbrures* ou *ponctuations*, qui persistent sur un bon nombre de descendances et paraissent plus fixées même que le caractère brun de l'ascendant. On possède de nombreuses variétés de Haricots stables, définies précisément par des marbrures, des ponctuations, ou des auréoles teintées autour de l'ombilic; il n'est pas douteux qu'on puisse obtenir des variétés analogues de *Vicia Faba* au cas où cette acquisition offrirait un intérêt commercial.

BIOLOGIE. — *Sur le déterminisme des caractères sexuels secondaires chez les Arthropodes*. Note de M. **R. Courrier**, présentée par M. Widal.

Il résulte des faits établis par Bouin et Ancel chez les Mammifères et confirmés chez certains Oiseaux et Poissons que les caractères sexuels secondaires ne sont pas sous la dépendance de la glande séminale. Ils sont conditionnés par un organe endocrine situé entre les tubes séminifères chez les animaux étudiés. Cependant quelques auteurs pensent encore que la glande interstitielle est un tissu banal qui peut jouer un rôle dans la nutrition des éléments séminaux. Pour eux, les caractères sexuels secondaires sont déterminés par une hormone formée à l'intérieur même des canaux séminifères et aux dépens des cellules séminales. L'étude des Anthropodes montre nettement qu'il n'en est pas ainsi.

Les expériences faites sur les Insectes (Oudemans, Meisenheimer, Kopec) ont bien mis en évidence que les caractères sexuels extérieurs de ces animaux ne dépendent pas de la glande génitale : ils ne sont pas modi-

fiés après castration. Il est vrai qu'on affirme que, chez les Insectes, les caractères en question sont immuables et que le soma est sexuellement différencié dès la fécondation. Ceci est sujet à caution.

J. Pérez fit en effet remarquer en 1880 que les Hyménoptères du genre *Andrena* peuvent être parasités par des Stylops; sous l'influence du parasite, le mâle devient assez semblable à la femelle. L'auteur note que l'un des deux testicules du mâle ainsi modifié fonctionne encore normalement, alors que l'autre dégénère.

Récemment, Kornhausser a montré que chez l'Hémiptère membracide *Thelia bimaculata*, parasité par *Aphelopus theliæ*, le mâle prend l'allure femelle bien que conservant parfois des testicules normaux. Chez les Insectes, les caractères sexuels secondaires ne dépendent donc pas de la glande séminale; ils sont sans doute conditionnés par une hormone issue d'un organe anatomiquement indépendant de la gonade et qui, dans certains cas, paraît être lésé par des parasites.

L'étude du *Carcinus mœnas*, infesté par *Sacculina carcini*, est particulièrement intéressante; elle montrera une fois de plus qu'un animal peut avoir ses caractères sexuels secondaires entièrement modifiés avec une glande séminale en pleine activité (1).

On sait qu'il existe chez *Carcinus mœnas* des caractères sexuels secondaires des plus précis. La femelle a un abdomen large constitué par 7 segments distincts et mobiles; l'abdomen du mâle est au contraire assez étroit, les segments 3, 4 et 5 sont soudés entre eux. Ce Crabe est fréquemment parasité par un Crustacé cirripède *Sacculina carcini*, dont l'évolution a été étudiée par Delage. Les caractères sexuels secondaires du mâle sacculiné subissent des modifications profondes signalées par Giard et caractérisées surtout par ce fait que son abdomen prend l'aspect de l'abdomen femelle. Cet auteur indique en outre que, chez les Crabes infestés, il y a castration parasitaire; le changement des caractères sexuels secondaires est, d'après lui, dû à la stérilité provoquée par le parasite. Ceci s'oppose aux conclusions de Bouin et Ancel.

Nous avons entrepris l'examen histologique des testicules de quelques Crabes sacculinés recueillis à la station biologique de Roscoff; voici nos résultats :

---

(1) Ce fait, déjà constaté par J. Pérez et Kornhauser chez les Insectes parasités, a été provoqué expérimentalement par Aron sur le Triton.

Carcinus mâles sacculinés (nombre examiné).	Largeur du céphalo-thorax.	Abdomen à aspect mâle.	Abdomen à aspect femelle.
	cm		
3	2	1	2
6	3	0	6
30	4	8	22
11	5	4	7
8	6	0	8
7	7	7	0
1	7,5	0	1

Sur les 66 individus examinés, 4 fois seulement on n'a pas trouvé de glande génitale; dans la majorité des cas on voit facilement le testicule qui est en activité; les canaux déférents renferment des spermatophores. Il ne s'agit donc pas d'une véritable castration parasitaire. On peut tout au plus parler d'un hypo-fonctionnement, souvent très léger. Le Tableau montre que, parmi les mâles sacculinés, il en est qui conservent un abdomen normal; celui des autres est du type femelle. On pourrait croire, selon Giard, que ce sont les Crabes à testicules atrophiés qui présentent des modifications des caractères sexuels secondaires.

Il n'en est rien, car on trouve des mâles dont l'abdomen présente l'aspect nettement femelle et qui ont cependant des testicules en activité. L'examen histologique montre des tubes séminifères contenant tous les éléments de la lignée avec de nombreuses mitoses. Peut-être ces testicules sont-ils un peu moins volumineux que ceux des Crabes non infestés, mais les testicules des Crabes sacculinés sans modifications extérieures ne sont pas plus gros; d'ailleurs, pour ceux qui invoqueraient une action d'ordre quantitatif, les expériences récentes de Pézard et de Lipschütz, Ottow et Wagner montrent qu'une partie très minime du testicule suffit à l'entretien des caractères sexuels secondaires. On peut donc affirmer que les caractères sexuels secondaires du Crabe n'ont aucune relation avec la glande génitale.

D'après Delage, la sacculine devient externe à l'âge de 20 mois; or les Crabes possédant une sacculine interne (et il y en a certainement beaucoup parmi les individus que l'on examine), ne présentent jamais de modifications des caractères sexuels secondaires; il faut donc bien admettre que ce n'est que quand la sacculine est externe que se produisent les changements d'aspect de l'abdomen. Pourquoi seule la sacculine externe agit-elle? Est-ce une cause mécanique? On pourrait penser que la hernie sacculinaire provoque sur l'abdomen du mâle une action comparable à celle pouvant être exercée par les œufs sur l'abdomen femelle. Mais nous avons vu des cas où la

sacculine fait saillie non plus sur la face interne, mais sur la face externe de l'abdomen; dans ces conditions, les modifications sont les mêmes, quoique l'action mécanique soit différente. D'ailleurs, on peut trouver des *Carcinus* mâles infestés par un Bopyrien : *Portunion mœnadis;* l'abdomen de ces Crabes prend l'aspect femelle; on ne peut invoquer ici de cause mécanique, le parasite étant toujours interne. L'action de la sacculine externe est sans doute due à la maturation génitale qui provoque sa sortie; à ce moment, se produisent des variations dans le métabolisme du parasite qui peuvent retentir sur le Crabe.

Conclusions : L'étude du déterminisme des caractères sexuels secondaires chez les Arthropodes montre qu'un animal peut avoir les caractères en question entièrement modifiés tout en possédant une glande séminale qui fonctionne normalement.

Conformément à ce qui a été vu chez beaucoup de Vertébrés, les éléments séminaux ne conditionnent pas les caractères sexuels secondaires chez les Arthropodes. Ils sont probablement déterminés par une hormone issue d'un organe physiologiquement indépendant de la glande séminale et qui peut l'être aussi anatomiquement.

Cette glande endocrine paraît être lésée dans certains cas par un parasite [1].

PARASITOLOGIE. — *Coccidies du Chabot de rivière* (Cottus gobio *L.*) Note de M[lle] **M. Gauthier**, présentée par M. Henneguy.

Le Chabot (*Cottus gobio* L.) est l'unique représentant, dans nos eaux douces, de la famille des Cottides dont les principales espèces marines, Trigle, Scorpène, Cottus, etc., sont fort répandues sur nos côtes. Parmi ces dernières, seul le *Cottus bubalis* montre une Coccidie découverte par Thélohan (1893) qui l'indique comme fréquente dans le tube digestif et les cæcums pyloriques et la désigne sous le nom de *Coccidium* (= *Eimeria*) *variabilis*. Cette espèce, rangée par Labbé dans son genre *Goussia*, est caractérisée par ses spores ovoïdes de 9^{μ} à 11^{μ} sur 4^{μ} à 5^{μ} présentant à l'un des pôles un épaississement colorable qui semble limiter un petit orifice (pseudomicropyle de Labbé).

En vue de rechercher s'il n'existe pas quelque relation entre les Coccidies

---

(1) Il est à noter que G. Smith (1911), étudiant à Naples l'action de *Sacculina neglecta* sur *Inachus mauretanicus*, pense que les modifications extérieures sont provoquées par des variations du métabolisme ordinaire du Crabe sous l'influence du parasite (augmentation de l'élaboration des graisses par le foie).

des Poissons marins et celles des Poissons d'eau douce de même groupe, nous avons examiné des Chabots d'eau douce (*Cottus gobio* L.) dans lesquels jusqu'ici, à notre connaissance, aucune Coccidie n'a encore été signalée. Nos recherches, poursuivies au Laboratoire de Pisciculture de Grenoble, nous ont conduit à rencontrer, dans les Chabots du bassin de l'Isère, deux espèces de Coccidies tétrasporées (Genre *Eimeria*) tantôt isolées, tantôt réunies dans le même hôte et différentes de celle du Chabot de mer. L'une est bien caractérisée par ses spores ovoïdes, munies d'un bec à l'un des pôles; nous la désignerons sous le nom de *E. cotti*. L'autre un peu plus grosse a des spores ovoïdes, biconiques à pôles semblables souvent disposées en croix; nous l'appellerons *E. Piraudi*.

Eimeria cotti. — Nous avons rencontré cette espèce souvent associée à *E. Piraudi* dans l'épithélium des cæcums pyloriques et de l'intestin de Chabots provenant du Furon et de la basse Isère.

Les schizontes ovoïdes, de 9^μ à 10^μ de long, donnent de 16 à 18 mérozoïtes

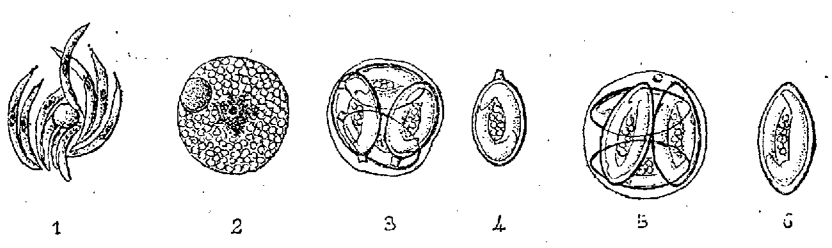


Fig. 1 à 4. — *Eimeria cotti* n. sp.
Fig. 5 et 6. — *Eimeria Piraudi* n. sp. × 1500.

avec une sorte de reliquat central globuleux (*fig.* 1). Les mérozoïtes, de 12^μ à 13^μ sur $1^\mu,4$, ont leur extrémité antérieure très effilée et possèdent un noyau médian avec karyosome.

Les macrogamètes sont sphériques de 11^μ de diamètre. Leur contenu granuleux montre un noyau central souvent étoilé avec un karyosome. Dans le cytoplasme, au voisinage de la surface, se voit constamment un corps réfringent, sphérique de $3^\mu,5$ fortement colorable par l'éosine (*fig.* 2).

Les microgamètocytes que nous avons observés plus rarement sont sphériques et mesurent 10^μ. Au cours de leur maturation, ils se montrent couverts de petits noyaux virguliformes qui conduisent sans doute à la formation de microgamètes typiques d'*Eimeria*.

Les ookystes mûrs, sphériques, à paroi mince, parfois déformée en s'appliquant étroitement sur les spores, mesurent de 10^μ à 11^μ. Ils renferment 4 spores sans reliquat kystique (*fig.* 3).

Les spores sont ovoïdes, de 7^{μ} sur $5^{\mu},10$ et montrent à l'un des pôles une sorte de bec cylindrique, court, formant comme un goulot tronqué de $1^{\mu},5$ de long. A leur intérieur les deux sporozoïtes sont bien visibles autour d'un reliquat granuleux central (*fig.* 4).

Eimeria Piraudi. — Nous n'avons jusqu'ici observé cette Coccidie que sous forme d'ookystes, dans le tube digestif de Chabots pêchés en mars dans l'Isère, aux environs de Grenoble. Ces ookystes sont sphériques ou légèrement ovoïdes et leur taille varie entre 11^{μ} et 13^{μ}.

Ils mûrissent en place dans la cellule épithéliale de l'intestin et sont éliminés avec les débris de celle-ci qui, persistant encore quelque temps, leur constitue comme une deuxième enveloppe autour de leur paroi propre qui est frêle et transparente. Ils renferment 4 spores souvent disposées en croix, c'est-à-dire parallèlement deux à deux, suivant deux directions perpendiculaires et, en un point de la face interne de la paroi kystique, se voit un petit grain brillant. Il n'y a pas d'autre reliquat kystique (*fig.* 5).

Les spores (*fig.* 6) sont ovoïdes allongées avec un des pôles parfois un peu acuminé. Leur paroi relativement mince ne nous a pas montré de ligne de déhiscence. A leur intérieur, les deux sporozoïtes sont incurvés autour d'un reliquat granuleux allongé. Les dimensions des spores nous ont paru assez variables selon les individus examinés. Ainsi dans un gros Chabot femelle de 18^{cm}, les spores, de forme allongée, mesuraient $8^{\mu},5$ à 9^{μ} sur $5^{\mu},1$, tandis que dans un sujet mâle de 14^{cm} elles ne dépassaient pas 7^{μ}. Dans cette espèce, comme dans la précédente, nous avons parfois observé des kystes renfermant seulement 3 spores : 1 spore double très grosse et 2 spores normales.

Des deux espèces de Coccidies du Chabot, seule l'*E. cotti* avec ses spores polarisées, pourvues à l'un des pôles d'un prolongement tubuleux, est bien spéciale et sans analogie avec les autres formes actuellement connues chez les Poissons d'eau douce. D'autre part, elle n'est pas sans quelque rapport avec la Coccidie du Chabot de mer dont les spores possèdent à l'un des pôles un épaississement micropylaire et, bien que nous n'ayons pas vu une ligne de déhiscence qu'il faudrait peut-être vérifier à nouveau chez la forme de *C. variabilis* spéciale au *Cottus bubalis*, il est permis de se demander si elle ne dériverait pas phylogénétiquement de cette dernière. Dans ce cas, *E. votti* serait à considérer comme une Coccidie primitive du Chabot tandis que *E. Piraudi*, forme banale, d'un type très répandu chez les Poissons d'eau douce et voisine de la Coccidie de la Perche signalée par Dujarric

de la Rivière (¹) serait un parasite secondaire, d'acquisition nouvelle avec l'adaptation du genre *Cottus* à la vie dans les eaux douces.

MÉDECINE. — *Traitement de la syphilis par le bismuth.* Note de MM. **Louis Fournier** et **L. Guénot**, présentée par M. Roux.

MM. R. Sazerac et Levaditi [2] ont, il y a quelques mois, annoncé que le bismuth exerce une action thérapeutique énergique et rapide dans la syphilis expérimentale du lapin et dans la syphilis humaine.

Avec diverses préparations bismuthiques qu'ils nous ont confiées et, en particulier, avec le tartro-bismuthate de potassium et de sodium en suspension huileuse, nous avons, à l'heure actuelle, traité 110 malades atteints de syphilis à ses diverses périodes. Les résultats que nous avons obtenus confirment pleinement ceux annoncés par MM. R. Sazerac et Levaditi et montrent, comme les premières expériences de ces auteurs, que le bismuth est, en effet, doué d'un pouvoir thérapeutique puissant contre la syphilis et ses diverses manifestations.

Action sur le chancre syphilitique. — Disparition du tréponème quelquefois après la première, le plus souvent, après la deuxième injection de tartrobismuthate; cicatrisation plus ou moins rapide de la lésion suivant son étendue (en 6 à 7 jours pour les plus petits chancres, et 20 jours pour les plus grands); atténuation plus ou moins marquée de l'adénopathie; disparition des tréponèmes, dans des ganglions syphiliques, dans les trois cas où la recherche fut pratiquée.

Cliniquement, l'évolution de la syphilis semble enrayée; aucun des malades n'a présenté d'accidents secondaires.

Action sur la syphilis secondaire. — Disparition des tréponèmes à la surface et dans l'épaisseur des lésions, après la première ou la deuxième injection; asséchement et cicatrisation rapide, parfois remarquable, des lésions érosives; disparition un peu plus lente des lésions papuleuses, plaques hypertrophiques, etc.; dans un cas de syphilis palmaire, guérison en 15 jours. Les phénomènes généraux, céphalée, courbatures, douleurs osseuses, disparaissent dès les premières injections.

Chez cinq malades dont la syphilis résistait à tous les traitements (l'un

---

[1] *C. R. Soc. de Biologie,* Paris, t. 76, 1914.

[2] *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1391 et t. 173, 1921, p. 338.

d'eux a reçu en quatre ans plus de 700 injections arsenicales ou mercurielles), disparition de toutes lésions après trois ou quatre injections de tartro-bismuthate. Aucun accident n'a reparu chez ces malades depuis 3 mois, alors que jusque-là, les manifestations ne cessaient pas de se reproduire.

Dans un cas de méningite aiguë syphilitique, disparition rapide, après trois ou quatre injections, de tous les symptômes : céphalée, raideur de la nuque, signe de Kernig, etc., et parallèlement, diminution extrêmement rapide de la lymphocytose du liquide céphalo-rachidien; dans celui-ci, l'analyse permit de retrouver le bismuth.

Action sur la syphilis tertiaire. — Efficacité très remarquable du traitement sur les lésions de diverses sortes : gomme, ostéo-périostites, vastes placards ulcéro-croûteux des régions abdominales et thoraciques, etc. Dans un cas de leucoplasie linguale, atténuation notable, mais non-disparition complète de la lésion.

Action sur la réaction de Bordet-Wassermann. — Après la première série d'injections bismuthiques, la réaction de fixation s'atténue considérablement après avoir, dans quelques cas, présenté une accentuation au cours même du traitement (vers le 15e jour). Sur 20 cas traités depuis tout au plus 3 mois, qui ont pu être régulièrement suivis et où il fut possible de répéter la recherche à plusieurs reprises, six fois la réaction devint complètement négative. Dans deux cas de chancres syphilitiques de moins de 10 jours, la réaction négative avant le traitement resta négative par la suite.

Une observation plus prolongée et des examens sérologiques régulièrement répétés sont encore nécessaires pour porter un jugement définitif sur l'action profonde du bismuth dans la syphilis. Il est néanmoins permis de dire que les premiers résultats sont très satisfaisants.

Les injections intramusculaires de tartro-bismuthate sont pratiquées au début du traitement, tous les deux jours à la dose de $0^{g},20$, ou tous les trois jours à la dose de $0^{g},30$. Plus tard, on espace un peu plus les injections, surtout s'il survient de la stomatite. La dose totale administrée dans la première série d'injections doit atteindre 2^{g} à $2^{g},50$, en trois semaines ou un mois.

Les injections de tartro-bismuthate en suspension huileuse aux doses ci-dessus indiquées, sont bien tolérées et ne déterminent pas de réaction générale notable. Le seul accident, assez fréquent il est vrai, est la stomatite, ordinairement légère, présentant, avec un liséré gingival comparable au liséré saturnin, de grandes analogies cliniques avec la stomatite mercurielle; mais la stomatite bismuthique est infiniment plus bénigne que la stomatite

mercurielle. Elle peut être évitée par les soins préalables des gencives et des dents, et guérit facilement par les lavages et attouchements antiseptiques, en particulier avec l'application locale de sel bismuthique, de bleu de méthylène ou de composés arsenicaux. L'examen bactériologique montre souvent à l'état pur l'association fuso-spirillaire, au niveau des lésions gingivogéniennes.

Nous avons constaté la présence du bismuth dans le sang et son élimination par les urines, la salive, la bile, les fèces. On n'observe, sauf un peu de polyurie et parfois une albuminurie très légère, aucun trouble notable de la fonction rénale. La teneur du sang et de l'urine en urée reste normale, ou à peu de chose près, même dans le cas de stomatite.

Conclusion. — *Le bismuth peut être considéré comme un des agents antisyphilitiques des plus énergiques.* — Des observations nombreuses et longtemps prolongées pourront seules montrer s'il est capable de produire chez les individus infectés la guérison totale et définitive de la maladie. Nos recherches mettent en relief son action rapide et durable sur les manifestations diverses de la syphilis et particulièrement, fait capital, au point de vue de la prophylaxie sociale, sur les manifestations contagieuses. Elles montrent ainsi nettement que les belles recherches de MM. Sazerac et Levaditi viennent de fournir une arme thérapeutique nouvelle, peut-être la plus puissante, contre le fléau syphilitique.

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 OCTOBRE 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE. — *La Mécanique classique et la théorie de la relativité.* Note de M. PAUL PAINLEVÉ.

Je voudrais exposer brièvement à l'Académie certaines conclusions d'une étude critique de la théorie de la relativité que je publierai prochainement et où je compare les postulats de la théorie de la relativité (restreinte et généralisée) aux postulats de la mécanique newtonienne. J'y discute notamment la question de savoir s'il existe ou non *des axes privilégiés* parmi tous les modes de référence possibles. La mécanique newtonienne repose tout entière sur cet axiome, qu'on peut appeler l'*axiome de causalité* en mécanique :

« *Il est possible, une fois pour toutes, et pour tout l'univers, de définir une mesure des longueurs, du temps, et un trièdre de référence tels que le principe de causalité soit vrai toujours et partout.* »

Autrement dit, considérons un système matériel dont chaque élément reste identique à soi-même, et qui est très éloigné de tous les autres corps matériels; si les conditions initiales (positions et vitesses des éléments à l'instant considéré t_0) se reproduisent transportées seulement dans l'espace et le temps, le même mouvement se reproduira, au même transport près, dans l'espace et le temps.

Une première conséquence, c'est que les lois du mouvement du système ne dépendront pas explicitement du temps.

Une seconde conséquence, c'est l'*axiome de la symétrie* (corollaire de l'axiome de causalité). Si les conditions initiales présentent une symétrie

quelconque (par rapport à un plan, un axe ou un point), la même symétrie persistera dans le mouvement.

Cet axiome de la symétrie entraîne le principe de Képler ou de l'inertie et une foule d'autres conséquences capitales.

Si ces propriétés sont vraies quand on a adopté un repérage *espace-temps* convenable, elles ne le sont plus quand on lui substitue un repérage arbitraire. Sous sa forme positive, le postulat fondamental de la doctrine newtonienne, c'est qu'un tel repérage existe effectivement. Pour les newtoniens, il correspond à une mesure du temps, des longueurs et des mouvements absolus. Bornons-nous à l'appeler *repérage privilégié*.

L'expérience a montré, par un prodigieux ensemble de vérifications, aussi précises que le comportent nos mesures actuelles, qu'il existe effectivement un repérage *espace-temps* possédant à la fois toutes les propriétés attribuées *a priori* par les newtoniens au repérage absolu. Aucun autre repérage ne répond à ces axiomes, sauf ceux qui se déduisent du premier par la substitution aux axes de nouveaux axes animés relativement aux premiers d'une translation rectiligne et uniforme; *les axes privilégiés* sont ainsi définis à une translation rectiligne et uniforme près.

Les doctrines d'Einstein, dont j'admire profondément l'audace de pensée et la puissance constructive, conduiront-elles à abandonner définitivement le postulat fondamental de la mécanique newtonienne? Je crois au contraire qu'il subsistera de ces doctrines un corps de formules qui sans la contredire se fondra dans la science classique, mais que ne subsisteront pas les principes ou conséquences philosophico-scientifiques qui ont été, suivant les jugements, le scandale ou le miracle de la théorie de la relativité.

Lorsqu'on analyse les postulats et raisonnements qui ont conduit Einstein à ses résultats positifs (1), on voit combien ils sont imprégnés de « newtonisme ».

Insistons notamment sur la formule explicite de la gravitation dans le cas d'un centre unique (2). C'est la célèbre formule qui a donné lieu aux deux vérifications éclatantes : mouvement du périhélie de Mercure, déviation d'un rayon lumineux au voisinage du Soleil.

Rapportons le mouvement de l'élément gravitant à des axes $Oxyz$ ayant

---

(1) Cette analyse sera développée dans une Note prochaine.

(2) Cette remarque a déjà été faite par plusieurs auteurs, notamment par M. Le Roux, dans d'intéressantes Communications (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1227, 1467).

le centre matériel comme origine O. Pour un newtonien, si ces axes sont des axes absolus, les équations différentielles du mouvement doivent être indépendantes du temps et symétriques autour du centre O; mais si le centre O est animé d'un mouvement absolu varié, ou si les axes tournent par rapport aux étoiles, il n'en est plus ainsi. Or, pour arriver à leur loi explicite de gravitation, les einsteiniens doivent admettre *a priori* que, le temps t et les coordonnées polaires r, θ, φ étant mesurées à la manière ordinaire, leur formule fondamentale doit ne pas dépendre explicitement du temps et doit être dissymétrique par rapport à r, θ, φ autour de l'origine. Or cette hypothèse n'est vraie que si les axes $Oxyz$ sont des axes privilégiés au sens newtonien et présuppose par conséquent l'existence de tels axes. Cette hypothèse admise, les einsteiniens parviennent au ds^2 (à quatre variables) aujourd'hui célèbre, dont les géodésiques définissent dans leur théorie le mouvement du point gravitant, à savoir

$$(1) \qquad ds^2 = dt^2\left(1 - \frac{a}{r}\right) - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2) - \frac{dr^2}{1 - \frac{a}{r}},$$

a désignant une constante arbitraire que déterminera la masse du centre matériel O.

Mais ce ds^2 n'est pas le seul qui réponde à toutes les conditions einsteiniennes. Il en est une infinité d'autres dépendant de deux fonctions de r et le choix de la formule (1) entre toutes ces formules est purement arbitraire. Parmi ces formules il en est d'aussi simples que la formule (1) et qui entraînent exactement les mêmes vérifications. Telle celle-ci :

$$(2) \qquad ds^2 = dt^2\left(1 - \frac{a}{r}\right) + 2\, dr\, dt\sqrt{\frac{a}{r}} - d\sigma^2,$$

avec

$$d\sigma^2 = dr^2 + r^2[d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2]$$

(ds^2 euclidien à trois dimensions).

Or on sait que pour les einsteiniens, le ds^2 a une signification mystique et universelle, contraignant tous les phénomènes à se couler dans une sorte de forme *espace-temps* comme l'eau dans un vase. D'une formule déduite de l'étude du mouvement des corps gravitants et de la propagation de la lumière, ils pensent déduire des conséquences relatives aux phénomènes immobiles ou quasi immobiles. C'est ainsi que de la formule (1) ils concluent :

1° Que les vibrations lumineuses d'un même atome doivent être plus

courtes près du Soleil que sur la Terre (le ralentissement étant le même pour tous les atomes);

2° Que nos solides, dits invariables, nos mètres en particulier, doivent se raccourcir tous dans le même rapport dans la direction du Soleil, quand ils sont plus près de celui-ci.

Lors même que la formule (1) serait *imposée* sans aucune ambiguïté, par la doctrine einsteinienne de la gravitation et de la propagation de la lumière, les conclusions que je viens d'énoncer m'apparaîtraient comme des conjonctures des plus audacieuses, et non pas comme des conséquences inévitables de cette doctrine, qui suffiraient (comme l'affirme Einstein avec sa magnifique franchise) à la faire crouler si elles ne se vérifiaient pas. Mais l'existence de la formule (2) et d'une infinité d'autres possibles me paraît suffire à démontrer le caractère plus qu'aventureux de telles prévisions.

Si l'on admet, en effet, la formule (2), on retombe, pour $dt = 0$, sur le ds^2 euclidien ordinaire; d'où (en raisonnant comme les einsteiniens) la conséquence que nos solides ne subissent aucune contraction dans aucun sens quand ils se rapprochent du Soleil. D'autres formules, aussi simples, conduiraient à la conclusion que ces corps se dilatent dans le sens du Soleil au lieu de se contracter; d'autres encore que les corps se dilatent perpendiculairement à la direction du Soleil.

Ma conclusion c'est que c'est pure imagination de prétendre tirer du ds^2 des conséquences de cette nature.

PHYSIQUE. — *Quelques remarques sur la théorie de la relativité.* Note de M. ÉMILE PICARD.

Ayant écrit, pour l'*Annuaire du Bureau des Longitudes de* 1922, une Notice sur la théorie de la relativité et l'Astronomie, je demande la permission de faire quelques remarques sur cette théorie, à l'occasion de la très intéressante communication que vient de faire M. Painlevé. En traçant une esquisse de la théorie moderne de la relativité, j'ai voulu tout d'abord rester narrateur impartial, n'ayant pas encore une opinion sur la place que l'avenir réservera à l'édifice, si séduisant par certains côtés, construit par Einstein, et me demandant si c'est un progrès de chercher à ramener la Physique à la Géométrie; j'admire d'ailleurs hautement l'effort accompli dans cette audacieuse tentative.

Ceux que ne fascine pas une sorte de mystique de la relativité, ont tous été frappés des nombreuses hypothèses plus ou moins dissimulées que renferme la théorie. La première partie de celle-ci, dite théorie de la relativité restreinte, se développe harmonieusement en partant de l'interprétation, communément sinon universellement admise, de l'expérience classique de Michelson, interprétation d'après laquelle la vitesse de la lumière pour un observateur placé dans un système animé d'une translation uniforme est une constante universelle, et en faisant intervenir les signaux lumineux dans les mesures du temps et de l'espace; en particulier, la cinématique de cette relativité restreinte est une des belles parties de l'œuvre d'Einstein.

Quand on passe à la théorie générale, on est conduit à rattacher la physique d'un Univers à une forme quadratique de différentielles à quatre coordonnées, et l'on pose en principe que toute loi physique doit être exprimée par des équations gardant dans leur ensemble la même forme, quand on substitue aux coordonnées initiales des fonctions quelconques de celles-ci, ce qui constitue, sous une forme générale, le principe de relativité. D'ailleurs, pour une catégorie étudiée de phénomènes, il est nécessaire de faire des hypothèses complémentaires pour parvenir à une forme quadratique correspondante. Le raccord, si je puis dire, entre la théorie restreinte et la théorie générale, se fait par l'intermédiaire de ce que l'on appelle l'*Univers tangent en chaque point à l'Univers envisagé;* c'est là un point capital, mais les difficultés d'application peuvent être grandes, comme en témoigne la question controversée du déplacement vers le rouge des raies du spectre solaire sous l'action du champ de gravitation du Soleil.

Pour que la Physique s'engage définitivement dans la voie ouverte par la théorie de la relativité, il faudra probablement que de nombreuses expériences d'un caractère positif aient été effectuées dans les laboratoires. Une expérience, se rattachant aux questions qui nous occupent, fut faite, il y a une dizaine d'années, par M. Sagnac. Elle présente quelque analogie avec celle de Michelson, mais elle se passe dans un système auquel on donne un mouvement de rotation. Dans cette expérience, on observe un déplacement de franges d'interférence, qui met en évidence la rotation. Comme il ne s'agit pas d'un mouvement de translation uniforme, il n'y a pas d'opposition avec la théorie restreinte d'Einstein. Il serait intéressant d'expliquer la belle expérience de M. Sagnac au moyen de la théorie générale de la relativité, en allant jusqu'aux concordances numériques.

Nous avons dit qu'on trouve dans l'établissement de la théorie de la relativité einsteinienne des points obscurs et des hypothèses insuffisamment

formulées. Mais cette critique touche peu ceux qui pensent qu'une théorie ne doit pas avoir la prétention de donner des apparences une explication conforme à la réalité, et que seuls importent les formules finales et leur accord aussi exact que possible avec un ensemble de résultats expérimentaux, le but essentiel étant de *sauver les phénomènes*, σώζειν τὰ φαινόμενα, suivant une expression qui remonte à Platon, et la partie essentielle d'une théorie étant surtout le moule analytique dans lequel elle enferme les choses. A ce point de vue, on peut dire que ce qui constitue une théorie de la relativité, c'est la forme quadratique qui lui correspond. Celle-ci obtenue, on peut faire abstraction de la manière dont on y a été conduit.

D'autres, attachés aux idées traditionnelles, ont été surtout frappés par les propositions d'allure paradoxale qu'on rencontre dans la théorie de la relativité, et y ont vu principalement une modification dans les idées fondamentales de l'humanité relatives à l'espace et au temps. Ils ne prennent pas facilement leur parti d'une sorte de rupture avec le sens commun. L'avenir dira dans quelle mesure les idées nouvelles, si elles reçoivent de nouvelles confirmations expérimentales, pourront s'incorporer dans ce bon sens moyen de l'humanité, où Descartes mettait le fondement de la certitude, et qui était pour lui le trait d'union entre notre pensée et le réel. Sans cet accord, il n'y a que scepticisme; c'est un écueil que n'ont pas toujours évité les théoriciens de la Physique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les produits de réduction de l'amide diméthylcampholique.* Note de M. **A. Haller** et Mme **P. Ramart**.

Dans une série de Notes publiées avec nos regrettés collaborateurs Ed. Bauer [1] et J. Louvrier [2], l'un de nous a montré que les solutions benzéniques des dialcoylcamphres, chauffées à l'ébullition pendant 7 à 8 heures avec de l'amidure de sodium finement pulvérisé, subissent une rupture d'un des noyaux pour donner naissance à des amides des acides dialcoylcampholiques

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CR^2\\ |\\ CO\end{matrix}\right. \rightarrow C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix}CH\left\langle\begin{matrix}R\\ R\end{matrix}\right.\\ CONH^2\end{matrix}\right. .$$

Avec Ed. Bauer l'un de nous a étudié, en particulier, l'amide diméthyl-

(1) A. Haller et Ed. Bauer, *Ann. de Chim.*, 9e série, t. 8, p. 132.
(2) A. Haller et J. Louvrier, *Ann. de Chim.*, 9e série, t. 9, p. 189.

campholique dont nous avons pu rectifier quelques constantes après avoir réussi à le faire cristalliser dans un mélange d'éther et d'éther de pétrole. Il se présente alors sous la forme de gros cristaux blancs et transparents qui fondent à 81°-82°, et non à 72°-73°, et dont le pouvoir rotatoire dans l'alcool est $[\alpha]_D = +70°,8$.

Réduction de l'amide par le sodium et l'alcool absolu. Nitrile diméthylcampholique. — Elle a été effectuée, comme à l'ordinaire, sur 50^g d'amide. Après élimination de l'alcool par distillation dans le vide, on agite le résidu alcalin avec de l'éther, on décante la couche éthérée et on l'acidule avec de l'acide sulfurique à 5 pour 100. On sépare la liqueur acide et on l'évapore. On obtient un résidu cristallisé qui est constitué par un sulfate d'amine.

La partie aqueuse, fortement alcaline, provenant du premier traitement à l'éther, est sursaturée par de l'acide chlorhydrique; elle ne donne qu'un faible précipité qui ne peut être que de l'acide diméthylcampholique. La liqueur éthérée, dont on a séparé l'amine, est séchée sur du sulfate de sodium anhydre, puis distillée, et le résidu est rectifié sous pression réduite. Au cours de cette rectification sous 20^{mm}, le thermomètre monte graduellement de 130° à 155° en même temps qu'il passe de l'eau et un liquide qui distille entre 155° et 165°. On recueille ce dernier et l'on sèche sa solution dans l'éther sur du sulfate de sodium anhydre. Après évaporation de l'éther et rectification du résidu on obtient un liquide qui distille entre 131°-133° sous 14^{mm} et à 245°-247° à la pression ordinaire. L'analyse du composé obtenu conduit à la formule $C^{12}H^{20}N$ qui est celle du nitrile de l'acide diméthylcampholique. Ce corps s'est donc formé par déshydratation de l'amide diméthylcampholique :

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH\left\langle\begin{array}{l}CH^3\\CH^3\end{array}\right.\\CONH^2\end{array}\right. \rightarrow C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH\left\langle\begin{array}{l}CH^3\\CH^3\end{array}\right.\\CN\end{array}\right. .$$

Notons que la déshydration de l'amide ne s'effectue que lorsqu'elle a été préalablement soumise à l'action du sodium et de l'alcool, le produit primitif pouvant être distillé impunément sans perdre de l'eau. L'intervention d'un réducteur facilitant cette déshydratation nous paraît inexplicable pour le moment.

Le pouvoir rotatoire de ce nitrile $[\alpha]_D = +3°,2$ à 25°.

Chauffé au bain-marie avec de l'acide sulfurique à 85 pour 100, ce nitrile est converti en l'amide primitive avec le même point de fusion 81°-82°.

Aminodiméthylcampholyle $C^8H^{14}\langle {}^{CH\langle {CH^3 \atop CH^3}} _{CH^2NH^2}$. — Ainsi que nous l'avons fait remarquer, cette amine se forme en petites quantités quand on réduit l'amide par l'alcool et le sodium. Elle se produit plus facilement en partant du nitrile, qui est soumis à la même action réductrice du sodium et de l'alcool absolu, et la base est isolée sous la forme de sulfate en suivant le même traitement que celui déjà signalé.

Si l'on veut obtenir l'amine pure par distillation du sulfate avec de la potasse, il convient d'éviter le contact de l'air, car la base s'y carbonate très rapidement.

Elle constitue un liquide incolore, très mobile, possédant des propriétés basiques très énergiques et distillant à 123°-124° sous 20^{mm}. Elle doit être conservée dans des ampoules fermées $[\alpha]_D = 30°,1$ à 25°.

Son sulfate $[C^{12}H^{25}N]^2SO^4H^2 + 2H^2O$ cristallise avec deux molécules d'eau et se présente sous la forme de paillettes brillantes assez solubles dans l'alcool et dans l'eau bouillante, très peu soluble à froid dans ces deux solvants.

Son chlorhydrate $[C^{12}H^{25}N]HCl$ constitue de fines aiguilles blanches.

Chloroplatinate $[C^{12}H^{25}NHCl]^2PtCl^4$. Poudre d'un jaune clair.

Diméthylcampholate d'éthyle $C^8H^{14}\langle {}^{CH\langle {CH^3 \atop CH^3}} _{COOC^2H^5}$. — Préparé en vue de sa réduction en alcool diméthylcampholique, ce corps prend naissance en faisant agir du chlorure de l'acide diméthylcampholique sur l'alcool absolu. Le chlorure lui-même a été obtenu en traitant l'acide par un léger excès de chlorure de thionyle et éliminant cet excès en chauffant le mélange à 50°-60° sous pression réduite. Nous n'avons pas essayé de le purifier par distillation et l'avons directement mis en présence de l'alcool absolu. Une assez vive réaction se manifeste et, quand elle est calmée, on rectifie le produit dans le vide. Après élimination de l'alcool on recueille un liquide passant intégralement à 138° sous 24^{mm} et qui constitue *le diméthylcampholate d'éthyle*. Le rendement est quantitatif.

A 25°, le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = +37°,2$.

Cet éther a été soumis à l'action de l'alcool et du sodium de façon à le convertir en l'alcool correspondant, mais comme la réduction n'est pas intégrale et qu'il est impossible de séparer par distillation fractionnée l'alcool formé de l'éther-sel non réduit, les deux corps ayant le même point

d'ébullition, nous avons renoncé à l'emploi de cet éther et lui avons substitué le diméthylcampholate de phényle (¹). Ce dernier a été préparé comme le dérivé éthylé, en faisant agir du chlorure de l'acide diméthylcampholique sur le phénate de sodium, au lieu et place de l'alcool éthyle absolu.

Le diméthylcampholate de phényle $C^8H^{14}\langle^{CH(CH^3)^2}_{COO^6H^5}$ est un liquide qui distille à 190°-195° sous 30^{mm}.

Alcool diméthylcampholique $C^8H^{14}\langle^{CH(CH^3)^2}_{CH^2OH}$. — Cet alcool prend naissance dans la réduction énergique de l'éther phénylique par du sodium et de l'alcool absolu. Malgré toutes les précautions prises, tout l'éther phénylique n'est pas transformé, et il en reste toujours mélangé à l'alcool formé. Toutefois comme le point d'ébullition de ce dernier, 139°-140° sous 20^{mm}, diffère notablement de celui du diméthylcampholate de phényle on réussit, après plusieurs rectifications, à séparer ces deux corps.

Le pouvoir rotatoire de cet alcool $[\alpha] = +32°$ à 24°.

Il résulte des recherches qui font l'objet de cette Note :

1° Que la réduction de l'amide de l'acide diméthylcampholique, au moyen de l'alcool absolu et du sodium, au lieu de fournir directement l'alcool diméthylcampholique avec plus ou moins d'amine correspondante, comme nous l'avons observé sur maintes amides arborescentes (²), ne fournit que de petites quantités de base mélangée avec un corps indéterminé qui, au cours de la rectification, se transforme, par perte d'eau, en nitrile de l'acide campholique diméthylé.

2° Ce nitrile peut être retransformé en l'amide primitive (81-82) quand on le chauffe au bain-marie avec de l'acide sulfurique à 85 pour 100. Réduit au moyen de l'alcool absolu et du sodium, il fournit quantitativement l'amine diméthylcampholique dont il a été préparé quelques sels.

3° Des deux éthers-sels de l'acide diméthylcampholique, seul, celui de phényle permet d'obtenir aisément par réduction de l'alcool diméthylcampholique.

Nous poursuivons l'étude de ces corps et en particulier celle de l'amine de l'alcool diméthylcampholique que nous nous proposons de soumettre à l'action de l'acide azoteux dans le but de nous rendre compte des transpositions moléculaires que pourraient éventuellement provoquer cette action.

(¹) M. Rupe, pour obtenir avec de bons rendements de l'alcool campholique, s'est également adressé au campholate de phényle au lieu et place de campholate d'éthyle.

(²) A. Haller et Ed. Bauer, *Ann. de Chim.*, 9ᵉ série, t. 9, p. 15.

ASTRONOMIE. — *Observation de l'éclipse partielle de Lune du 16 octobre 1921 faite à l'Observatoire de Besançon.* Note de M. A. Lebeuf.

C'est par un temps calme et un beau ciel que l'éclipse partielle de Lune du 16 octobre 1921 a été suivie à l'Observatoire de Besançon par MM. Lebeuf, Chofardet, Goudey et M. Arcay de la Faculté des Sciences.

Voici un résumé succinct de leurs observations données en temps moyen de Greenvich :

Entrée de la Lune dans l'ombre....	$9^h 14^m,0$	$p = 44°,5$	Chofardet
	$9^h 14^m,1$	—	Goudey

A $9^h.55^m$, ombre bien limitée : bord gris bleu, voisinage du limbe éclipsé rougeâtre; Grimaldi sombre, Aristarchus brillant sont visibles sous l'ombre.

A 10.34, partie sous l'ombre rose rouge, bord de l'ombre gris bleu, détails lunaires bien apparents.

A 10.54, plus grande phase : étoiles lumineuses comme par une nuit sans Lune. Selon le diamètre N-S les teintes de l'ombre se répartissent pour les deux tiers en rouge orange; l'autre tiers, près du bord, gris bleu; partie extrême sud non éclipsée blanc jaunâtre. L'ombre, très transparente, permet d'apercevoir tous les détails lunaires.

A l'œil nu la Lune est d'aspect plus cuivré.

Dès 11.20, un voile de cirrus se forme à chaque instant sur la Lune; à l'œil nu, dans ce cas, le segment éclipsé se confond avec le fond du ciel.

A 11.26, l'ombre est plus opaque, presque uniformément gris cendré, sauf au nord-ouest du limbe où la teinte rouge existe encore.

A 11.40, la teinte rouge n'est plus visible.

Sortie de la Lune du cône d'ombre...	$12^h.33^m,5$	—	Arcay
	12.33,7	—	Goudey
	12.33,9	$p = 283°,3$	Chofardet

En résumé, l'aspect lumineux de ce phénomène donne nettement cette sensation que la coloration rougeâtre de la Lune pendant cette éclipse est fonction de l'importance de la pénétration de son disque dans le cône d'ombre de la Terre.

Les observations des entrée et sortie dans l'ombre, ainsi que la plupart des remarques ci-dessus, ont été faites à l'équatorial coudé, gross. 66, par M. Chofardet; à l'équatorial droit, gross. 57, par M. Goudey; à l'équatorial double Secrétan, gross. 38, par M. Arcay.

A l'équatorial double Secrétan (objectif Viennet), M. Chofardet a obtenu 12 clichés de cette éclipse.

ASTRONOMIE. — *Observation de l'éclipse de Lune du 16 octobre 1921, faite à Marseille.* Note de M. **Louis Fabry**.

L'éclipse de Lune du 16 octobre a été observée à l'Observatoire de Marseille : avec la lunette de 26^{cm} d'ouverture par M. Michkovitch; avec la lunette de 16^{cm} par Mlle Jasse; avec des jumelles par MM. Maître et Fabry qui, étant occupés à préparer d'autres observations, n'ont pas pu observer les contacts, et par M. Larrieu qui a noté les heures des contacts.

Les heures suivantes ont été observées pour l'entrée dans l'ombre, la sortie, et pour les occultations de petites étoiles.

	Temps moyen de Greenwich.		
	Lunette de 26^{cm}.	Lunette de 16^{cm}.	Jumelle.
	h m s	h m s	h m s
Immersion de 263 B. Poissons 6e.....	8.56.12	»	»
Entrée dans l'ombre................	9.14. 0	9.13. 1	9.14.6
Emersion de 263 B. Poissons 6e......	9.46.37	9.46.35	»
Immersion de 227 BD + 7°, 9e.......	11.1 .34	»	»
Immersion de 228 BD + 7°, 9e.......	11.11.50	»	»
Emersion de 218 BD + 7°, 9e........	11.18.17	»	»
Sortie de l'ombre..................	12.36.14	12.33.58	12.33.51

L'épaisseur du segment de la Lune, qui, au milieu de l'éclipse, est resté en dehors de l'ombre de la Terre, a été mesurée à la lunette de 16^{cm} et trouvée égale à $2'2''$.

Voici les remarques faites aux divers instruments par les observateurs cités ci-dessus :

A la lunette de 26^{cm}. — Le bord de l'ombre est mal défini. Au milieu de l'éclipse, on distingue bien les détails de la surface lunaire, et le bord de la Lune se détachant sur le fond du ciel. La région éclipsée Nord-précédant est rouge cuivré, la région opposée au contraire gris verdâtre. Le cratère Tycho en particulier paraît gris-bleuâtre.

A la lunette de 16^{cm} : Le contour de l'ombre est mal défini; après l'heure du premier contact notée ci-dessus ($9^h 13^m 1^s$) le bord de la Lune est resté encore un peu visible, faiblissant rapidement, il a disparu à $9^h 13^m 57^s$.

Au milieu de l'éclipse le petit segment de la Lune resté en dehors de l'ombre est de couleur jaunâtre. Le contour mal défini de l'ombre est aussi légèrement teinté de jaune à l'extérieur et seulement gris sombre à l'intérieur.

Avec les jumelles : Au milieu de l'éclipse, le disque entier de la Lune se voit nettement détaché sur le fond du ciel. Avec le petit segment non éclipsé, l'aspect

rappelle celui de la lumière cendrée lorsqu'elle est à son maximum d'éclat, peu après la nouvelle Lune. On distingue assez bien les taches sombres de la surface lunaire.

La couleur de l'ombre de la Terre n'est pas uniforme, près de son bord l'ombre est gris cendré; en s'éloignant de ce bord pour se rapprocher du centre on remarque une couleur rougeâtre de plus en plus prononcée.

A l'œil nu on voit sur le pourtour de la Lune, de part et d'autre de la partie non éclipsée, deux arcs de cercle plus brillants que la partie centrale de l'astre. Cet aspect très visible attire l'attention des observateurs; mais en regardant avec une jumelle, on voit qu'il provient seulement de ce que le centre de la Lune est occupé en grande partie par des taches grises.

En résumé, au point de vue de l'éclat du disque lunaire, l'éclipse peut être classée comme assez claire.

Notons encore que l'on a pu remarquer un très léger obscurcissement du côté gauche de la Lune à partir de 8^h45^m, donc trois quarts d'heure après l'entrée dans la pénombre. Jusque-là, l'aspect de la Lune n'avait pas changé. Cette teinte grise de la pénombre s'est accentuée peu à peu à mesure que la Lune se rapprochait de l'ombre.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

En offrant à l'Académie la deuxième édition de mes *Leçons sur les fonctions entières*, je me permets d'attirer particulièrement son attention sur la Note importante dans laquelle M. **G. Valiron** a résumé l'ensemble des travaux publiés depuis 20 ans et sur la Bibliographie qui complète cette Note. Les progrès accomplis depuis l'apparition de la première édition sont ainsi mis en évidence; ils se rapportent pour une grande part au célèbre théorème de M. Émile Picard, dont la démonstration directe que j'ai donnée en 1896 a été l'origine de ce petit Livre. Je souhaite que la deuxième édition, comme la première, suggère de nombreuses recherches dans une branche de la Théorie des fonctions qui n'a pas cessé d'être cultivée en France, depuis les travaux de Laguerre et de Poincaré.

Sir **Almroth E. Wright** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier, en collaboration avec M. **Leonard Colebrook**, sous le titre : *Technique of the teat and capillary glass tube.*

CORRESPONDANCE.

MM. **Charles Alluaud**, **R. Anthony**, *P. de Beauchamp* au nom de la **Fédération française des sociétés de sciences naturelles**, **André Broca**, **Henri Caillol**, **Louis Dunoyer**, **Louis Germain**, **Armand Krempf**, **Ch. Mauguin**, **Jacques Pellegrin**, **Tiffeneau** adressent des Rapports relatifs à l'emploi qu'ils ont fait des subventions qui leur ont été accordées sur le *Fonds Bonaparte*.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats pour la place de Membre artiste vacante au Bureau des Longitudes par le décès de M. *J. Carpentier*.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la place de Membre titulaire vacante, au Bureau des Longitudes, par le décès de M. *G. Lippmann*.

(Ces deux lettres sont renvoyées à une Commission composée de la division des sciences mathématiques et du Secrétaire perpétuel pour les sciences mathématiques.)

M. le **Ministre de la Guerre** invite l'Académie à lui désigner deux de ses Membres qui feront partie du Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique pour l'année scolaire 1921-1922, en remplacement de MM. *Jordan* et *Le Chatelier*, rééligibles.

M. **Louis Bazy** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil*.

MM. **J. Bethenod**, **Édouard Bourdelle**, **Pierre Boutroux**, **André Chalier**, **Andrew C. D. Crommelin**, **Foveau de Courmelles**, **X. Delore**,

GRYNFELLT, C.-F. GUILBERT, EDMOND MAILLET, E.-A. MARTEL, M. MÉNARD, HENRI PIÉRON, LOUIS MENGAUD, MARC RUBINSTEIN, SIEUR et MERCIER, PAUL STROOBANT adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la permutabilité des substitutions rationnelles* (¹). Note de M. GASTON JULIA.

Deux substitutions rationnelles $[Z \mid R_1(Z)]$ et $[Z \mid R_2(Z)]$ sont permutables si $R_1[R_2(Z)] = R_2[R_1(Z)]$.

J'étudie les propriétés des substitutions permutables, puis je résous, dans la mesure du possible, le problème de leur détermination.

I. 1° Tout point double α d'une itérée $R_1^{(\lambda)}$ de R_1 a des conséquents $R_2(\alpha)$, $R_2^2(\alpha)$, ... qui sont points doubles de $R_1^{(\lambda)}$ et de même nature que α (répulsifs, attractifs ou indifférents). Les $R_2^{(k)}(\alpha)$, $k = 1, 2, \ldots$, sont donc en *nombre fini* et conduisent à un *cycle de* R_2. Ce cycle de R_2 est *de même nature* que le cycle de R_1 auquel appartient α. Il en résulte que *deux certaines itérées* $R_1^{m_1}$ *et* $R_2^{m_2}$ *ont au moins un point double répulsif commun.*

Soient E_{R_1} l'ensemble des cycles répulsifs de R_1; E_{R_2} l'ensemble analogue pour R_2. *Leurs dérivés* E'_{R_1} *et* E'_{R_2} *sont parfaits et identiques.* Mais E_{R_1} et E_{R_2} ne le sont pas toujours, on le voit par l'exemple où R_1 et R_2 sont les polynomes exprimant $\sin 3z$ et $\sin 5z$ en $\sin z = Z$.

2° On montre que *l'ensemble des points critiques des fonctions inverses des* $R_1^{(m_1)}$ *itérées de* R_1, *est identique à l'ensemble analogue pour* R_2. Mais l'ensemble des zéros des $\frac{dR_1^{(m_1)}}{dZ}$ peut ne pas coïncider avec celui des zéros des $\frac{dR_2^{(m_2)}}{dZ}$: on le voit par l'exemple précédent. Tout zéro d'une $\frac{dR_1^{(m_1)}}{dZ}$ ou bien est zéro d'une $\frac{dR_2^{(m_2)}}{dZ}$, ou bien appartient à un cycle de R_2, ou bien est l'antécédent, dans l'itération définie par R_2, d'un cycle de R_2.

3° *L'ensemble formé des points des cycles attractifs ou indifférents (multiplicateur* < 1 *ou* $= 1$ *en module) de* R_1 *est identique à l'ensemble analogue pour* R_2. Car cet ensemble ne compte qu'un nombre fini de points et, à partir de tout point α d'un cycle de R_1, on obtient, parmi les $R_2^{(-1)}(\alpha)$, un cycle de R_1 d'ordre $\leqq d_2$ (degré de R_2), parmi les $R_2^{(-\lambda)}(\alpha)$, un cycle de R_1 d'ordre $\leqq d_2^\lambda$, etc. Tous ces cycles sont distincts et de même nature que le

(¹) Cette Note sera développée dans un Mémoire inséré aux Annales de l'*École Normale supérieure*.

cycle initial de R_1. On arrive ainsi, par les $R_2^{(-\lambda)}(\alpha)$ successifs, à une suite qui se ferme, c'est-à-dire à un cycle de R_2 lorsque le cycle initial de R_1 est *attractif ou indifférent*.

4° Deux itérées $R_1^{(m_1)}$ et $R_2^{(m_2)}$, pour m_1 et m_2 entiers convenables, ayant toujours un point double répulsif commun α, de multiplicateurs respectifs σ_1 et σ_2, les deux équations de Poincaré

$$G(\sigma_1 z) = R_1^{(m_1)}[G(z)],$$
$$G(\sigma_2 z) = R_2^{(m_2)}[G(z)]$$

admettent la même solution méromorphe fondamentale, et si ces deux équations ont une même solution méromorphe, $R_1^{(m_1)}$ et $R_2^{(m_2)}$ sont permutables. L'existence d'une pareille solution exige que $|\sigma_1|$ et $|\sigma_2|$ soient > 1 : le problème qui nous occupe se lie à celui de la recherche des fonctions méromorphes qui ont un double théorème de multiplication rationnel.

5° Les points des cycles attractifs étant les mêmes pour R_1 et R_2, soit α un point double attractif commun à R_1 et R_2 : Si $S_1 = R'_1(\alpha) \neq 0$, alors $S_2 = R'_2(\alpha) \neq 0$. Les équations de *Schrœder correspondantes*

$$F[R_1(Z)] = S_1 F(Z) \quad \textit{et} \quad F[R_2(Z)] = S_2 F(Z)$$

ont la même solution fondamentale holomorphe dans le domaine immédiat D_α *du point* α, *qui est le même pour* R_1 et R_2 (D_α ne contient pas l'infini).

Si $R'_1(\alpha) = 0$ et si $R_1(Z) - \alpha$ se développe par

$$a_p(Z-\alpha)^p + a_{p+1}(Z-\alpha)^{p+1} + \ldots$$

autour de α, alors, nécessairement $R'_2(\alpha) = 0$, et si

$$R_2(Z) - \alpha = b_q(Z-\alpha)^q + \ldots,$$

les deux équations de Böttcher

$$\Phi[R_1(Z)] = a_p[\Phi(Z)]^p,$$
$$\Phi[R_2(Z)] = b_q[\Phi(Z)]^q$$

ont la même solution fondamentale holomorphe dans le domaine D_α.

Enfin, l'*ensemble de tous les antécédents de* α, *intérieurs à* D_α, *soit par* $R_1^{(-\lambda_1)}$, *soit par* $R_2^{(-\lambda_2)}$ ($\lambda_1, \lambda_2 = 1, 2, \ldots, \infty$) *est le même*.

6° Soit α un point double indifférent à l'infini, de R_1, de multiplicateur $+1$ tel que $R'_1(\alpha) = +1$, $R''_1(\alpha) \neq 0$. Ce point est double pour une certaine itérée $R_2^{(\lambda)}$, par exemple pour R_2, et l'on a

$$R'_2(\alpha) = +1 \quad \text{et} \quad R''_2(\alpha) \neq 0;$$

$$R_1 = Z + a_1 + \frac{\lambda_1}{Z} + \ldots, \quad R_2 = Z + a_2 + \frac{\mu_1}{Z} + \ldots.$$

Les *équations d'Abel*

$$F[R_1(Z)] = F(Z) + a_1, \qquad F[R_2(Z)] = F(Z) + a_2$$

ont la même solution fondamentale holomorphe dans le domaine D_α du point $\alpha = \infty$. De même les équations

$$H[z + a_1] = R_1[H(z)], \qquad H[z + a_2] = R_2[H(z)]$$

ont la même solution fondamentale méromorphe dans tout le plan.

II. 1° Je résous le problème des *substitutions* R_1 *de degré* > 1 *permutables à une substitution du premier degré* R_2. Deux seuls cas sont possibles :

a. Ou bien on a la *forme canonique*

$$R_1(z) = Z\mathcal{R}(Z^d), \qquad R_2(z) = \omega Z, \qquad \omega^d = 1;$$

dans ce cas rentrent, lorsqu'elles existent, les multiplications complexes donnant $p(\pm iu)$ et $p(\pm \sigma u)$ (avec $\sigma^3 + 1 = 0$) linéaires en $p(u)$, et qui sont permutables aux multiplications ordinaires donnant $p(Ku)$ en $p(u)$.

b. Ou bien on a la forme canonique

$$R_1 = AZ^n \quad \text{avec} \quad R_2 = \omega Z, \qquad \omega^{n-1} \quad (n \text{ entier de signe quelconque}).$$

2° Si R_1 et R_2 sont de degré > 1 et indépendants ($R_1^{\lambda_1} \neq R_2^{\lambda_2}$ pour tous entiers λ_1 et λ_2), on ramène la question à celle de la recherche de $G(z)$ méromorphe, avec deux théorèmes de multiplication. On démontre que E'_{R_1} *se compose d'un cercle entier ou d'un arc de cercle ou de tout le plan.*

3° Si E'_{R_1} est le cercle trigonométrique (forme canonique), R_1 et R_2 sont à cercle fondamental et simultanément ordinaires ou singulières de première espèce. Cela ne conduit, en définitive, qu'aux formes canoniques

$$R_1 = Z^{K_1}, \qquad R_2 = AZ^{K_2} \qquad (A^{K_1 - 1} = 1)$$

et aux théorèmes de multiplication de e^z. Si E'_{R_1} est l'*axe réel*, on a ceux de $\tang z$ qui en dérivent par une substitution homographique.

4° Si E'_{R_1} est le segment $(-1 + 1)$ (forme canonique d'arc de cercle), on est conduit aux polynomes exprimant $\cos(K_1 z + \varepsilon_1 \pi)$ et $\cos(K_2 z + \varepsilon_2 \pi)$ en $\cos z = Z$ ($\varepsilon_1, \varepsilon_2 = 0$ ou 1; $K_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_1$ et $K_2 \varepsilon_1 + \varepsilon_2$ de même parité). Les théorèmes de multiplication correspondants sont ceux du *cosinus*. On a ainsi résolu complètement la *permutabilité des polynomes indépendants* (*les formes canoniques sont celles du* 3° *et du* 4°) et trouvé *toutes les fonctions entières ayant deux théorèmes distincts de multiplication.*

5° Si E'_{R_1} = tout le plan, je ne sais pas s'il y a d'autres fractions R_1 et R_2 que celles provenant de la multiplication des fonctions elliptiques [1].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions croissantes.* Note de M. **Théodore Varopoulos.**

1. Cette Note complète ma Communication précédente [2]. Nous allons ici étudier une classe de fonctions croissantes qui croissent de plus en plus lentement.

Soient les fonctions $S_0(x)$, $S_1(x)$, ..., $S_k(x)$, ... qui croissent respectivement comme les fonctions

$$x,\quad \log x,\quad \log_2 x,\quad \ldots,\quad \log_k x,\quad \ldots.$$

Nous posons toujours le problème suivant :

Chercher les fonctions croissantes $m(x)$ dont l'addition à x altère, ou n'altère pas, l'ordre de la croissance de la fonction croissante donnée.

Suivant la même voie que dans mes Notes précédentes, je suis arrivé aux résultats suivants qui répondent à nos problèmes :

Théorème I. — *Pour toutes les fonctions croissantes*

$$S_0(x),\quad S_1(x),\quad \ldots,\quad S_k(x),\quad \ldots$$

et positives qui croissent respectivement comme les fonctions

$$x,\quad \log x,\quad \ldots,\quad \log_k x,\quad \ldots$$

l'addition à x de toute fonction $m(x)$ croissante telle que $m(x) \leqq e^x$ altère l'ordre de la croissance de fonctions croissantes données $S(x)$.

Théorème II. — *Pour toutes les fonctions $S(x)$ nous avons l'inégalité suivante*

$$S[x + m(x)] < S(x)^\theta,$$

θ étant un nombre positif quelconque et supérieur à l'unité, et $m(x)$ étant une fonction décroissante quelconque.

---

(1) Les résultats des paragraphes 2° à 5° de la partie II ont été également obtenus, et indépendamment de moi, par M. P. Fatou, qui vient de les exposer dans une Note aux derniers *Comptes rendus*.

(2) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 569.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un groupe de substitutions algébriques* (1).
Note de M. P. FATOU, présentée par M. E. Goursat.

Les groupes discontinus de substitutions algébriques ont fait l'objet de deux Notes importantes de M. Painlevé qui a étudié le cas où ces substitutions sont de degré limité; les groupes de cette nature sont semblables à des groupes linéaires (2). Quand le degré des substitutions n'est plus borné, la question est beaucoup plus complexe et n'a pu être abordée que dans des cas particuliers. Dans les Mémoires cités en note, j'ai étudié le groupe G des substitutions définies par les équations

$$R_n(x) = R_p(y). \tag{1}$$

$R_n(x)$, $n^{\text{ième}}$ itérée d'une fraction rationnelle de degré $\delta > 1$, j'ai formé, dans les cas de discontinuité propre, les invariants de G, fonctions uniformes de x. Je n'avais pas fait la remarque, cependant presque évidente, que G possède un sous-groupe invariant G′ dont l'étude n'est pas moins intéressante que celle de G; c'est le groupe des substitutions définies par les relations

$$R_n(x) = R_n(y). \tag{2}$$

Pour une valeur donnée de n, cette relation définit un groupe fini G'_n; il est évident que G'_n est contenu dans G'_{n+1} et par suite que G′, somme de tous les G'_n, jouit de la propriété suivante : *le groupe dérivé d'un nombre fini quelconque d'éléments du groupe proposé est toujours un groupe fini.* Nous appellerons *groupe quasi fini* tout groupe infini qui jouit de la propriété précédente.

Supposons que $R(x)$ soit un polynome; l'équation

$$\frac{R_n(x) - R_n(y)}{R_{n-1}(x) - R_{n-1}(y)} \equiv F_n(x, y) = 0 \tag{3}$$

---

(1) Voir PAINLEVÉ, *Sur les groupes discontinus de substitutions non linéaires à une variable* (*Comptes rendus*, t. **114**, 1892, p. 1345); *Sur une application de la théorie des groupes continus à la théorie des fonctions* (*Ibid.*, t. **118**, 1894, p. 845). — FATOU, *Sur les équations fonctionnelles* (3 Mémoires) (*Bull. Soc. math. Fr.*, 1919-1920); *Sur les fonctions invariantes par une substitution rationnelle* (*Ibid.*, en cours d'impression).

(2) Nous disons : « groupe fini ou infini » au lieu de « groupe contenant un nombre fini ou une infinité dénombrable d'opérations »; « groupe linéaire » au lieu de « groupe fini ou infini de substitutions du premier degré ».

est en général irréductible. Il suffit pour qu'il en soit ainsi que les racines a, b,... du polynome dérivé $R'(x)$ soient simples et que l'on ait toujours

$$R_p(a) \neq R_q(b)$$

pour deux racines distinctes, quels que soient p et q, et

$$R_p(a) \neq R_q(a),$$

si $p \neq q$. La courbe (3) de degré $\delta^n - \delta^{n-1}$ est alors sans point double, donc indécomposable. Indiquons à titre d'exemple qu'en posant

$$R(x) = sx + x^{\delta},$$

les conditions précédentes sont remplies pour $0 < |s| < 1$.

Si nous prenons pour $R(x)$ une fraction rationnelle arbitraire, l'équation (3) représente une courbe de degré $\mu_n = 2(\delta^n - \delta^{n-1})$, avec deux points multiples d'ordre $\frac{\mu_n}{2}$ à tangentes distinctes, à l'infini sur les axes des x et des y; une pareille courbe est nécessairement indécomposable, n'ayant pas d'autre point singulier; son genre est $\left(\frac{\mu_n}{2} - 1\right)^2$. Ceci arrive quand sont remplies des conditions semblables à celles de tout à l'heure pour les polynomes.

C'est là le cas général [1], mais il peut arriver que F_n se décompose et même en un produit de facteurs linéaires; exemple : $R(x) = x^{\delta}$. Soit en général L le groupe linéaire contenu dans G'; L peut être fini et coïncider avec l'un quelconque des groupes connus de cette espèce; sinon L est quasi fini. Or tous les groupes linéaires quasi finis sont semblables à des diviseurs du groupe continu $(x; e^{i\alpha}x)$ avec adjonction éventuelle de $\left(x; \frac{1}{x}\right)$. Ceci ne peut arriver dans le cas actuel que si la substitution $[x; R(x)]$ est la transformée linéaire de $(x; x^{\pm\delta})$; L et G' sont alors identiques et se ramènent au groupe des substitutions $(x; \varepsilon x)$, les ε étant les racines des équations $\varepsilon^{\delta^n} = 1$.

Il peut arriver également que les F_n se décomposent en courbes de degré fixe > 1 (nécessairement de genre zéro ou un). Car, si l'on pose :

$$x = \wp u, \qquad y = \wp v,$$
$$R(x) = \wp 2u, \qquad R(y) = \wp 2v$$

---

(1) G' ne possède alors d'autre sous-groupe que les groupes finis G'_n.

($\wp$, fonction de Weierstrass), l'équation $R_n(x) = R_n(y)$ équivaut à $u = \pm v + h$ ($h = 2^{-n} \times$ période); on applique alors la formule d'addition de $\wp u$ et l'on est ramené à l'un des cas de M. Painlevé. Je ne connais pas toutes les formes de $R(x)$ pour lesquelles cette circonstance se présente, mais il n'en est pas ainsi quand G′ est proprement discontinu.

Le cas le plus important de discontinuité propre de G′ est celui où $[x; R(x)]$ possède un point fixe de multiplicateur s, tel que $0 < |s| < 1$, ou encore $s = +1$, la discontinuité ayant lieu dans le domaine invariant D qui est étudié dans les Mémoires cités. Il est facile de trouver les points fixes des substitutions de G′; le fait intéressant est celui-ci : *les points fixes intérieurs à* D *ou sur sa frontière n'appartiennent qu'à un nombre borné de substitutions distinctes* ([1]). A ce point de vue, G′ est à rapprocher des groupes fuchsiens de la première famille (exclusivement); mais il a une structure essentiellement différente puisqu'il est quasi fini et que les groupes linéaires quasi finis (voir plus haut) ne sont pas discontinus. Il existe une fonction uniforme et holomorphe dans D qui est pour G′ un invariant absolu et caractéristique; c'est la fonction $u = \Sigma(x)$ de M. Kœnigs, solution fondamentale de l'équation de Schröder :

$$\Sigma[R(x)] = s\,\Sigma(x) \qquad (0 < |s| < 1),$$

et pour $s = +1$, la solution fondamentale de l'équation d'Abel :

$$\Theta[R(x)] = \Theta(x) + \text{const.}$$

Toutes les valeurs de la fonction $\psi(u)$, *inverse de* Σ, [*ou* $\chi(u)$, *inverse de* Θ], *se déduisent d'une seule d'entre elles par les substitutions de* G′; les points critiques (algébriques) de ψ sont de la forme $\frac{A_k}{s^n}$ ($n = 0, 1, 2, \ldots$; les A_k en nombre fini); ceux de χ sont $B_k + n\omega$ ($n = 0, 1, 2, \ldots$; les B_k en nombre fini). En outre l'∞ est un point critique transcendant de ψ et χ, les fonctions Σ et Θ admettant des chemins de détermination infinie qui aboutissent aux points frontières de D, tandis que les fonctions fuchsiennes de la première famille n'ont évidemment aucune valeur asymptotique aux points frontières de leurs domaines d'existence.

([1]) Une seule, dans le cas général.

CHRONOMÉTRIE. — *Les spiraux cylindriques et l'hypothèse dite* des techniciens. Note de M. **Jules Andrade**.

I. La théorie de Philipps et celle de Résal-Caspari sont également muettes sur les composantes longitudinales des couples d'encastrement ou des forces supplémentaires aux couples d'encastrement d'un ressort spiral, agissant sur ses attaches fixe et mobile.

L'hypothèse dite *des techniciens* consiste à admettre que ces actions supplémentaires sont deux forces mutuelles dirigées suivant la droite de jonction du piton à la virole.

II. En ce qui concerne les composantes *transverses* des actions complémentaires, l'hypothèse des techniciens est conforme à l'interprétation de la force élastique transverse que j'ai donné en 1920 (¹), et qui se résume (en projection sur un plan transverse) dans la répulsion ou l'attraction réciproque des deux attaches proportionnellement à leur distance; cette force étant *répulsive* ou *attractive* suivant que le spiral dans sa déformation élastique se ferme ou s'ouvre.

III. Cette remarque a suggéré des prévisions intuitives sur les effets mécaniques des spiraux associés et en particulier la prévision d'un isochronisme à une approximation possible du trois-cent-millième.

IV. Les pressions transverses sont, par rapport à l'intensité du moment transmis au balancier (et rapporté au bras de virole), de l'ordre du quatre-millième, elles engendrent des frottements perturbateurs extrêmement faibles, mais que l'on peut réduire à des types absolument sans effet sur l'isochronisme.

V. Si l'on veut obtenir un contrôle expérimental de l'hypothèse des techniciens, par la pesée d'un effort longitudinal provenant d'une association convenable de spiraux, il faudra donc demander à la balance spirale appropriée une approximation du quatre-millième par rapport aux évaluations de l'effet principal qui est le moment transmis au balancier.

VI. Ce contrôle délicat est pourtant nécessaire si l'on veut conquérir en toute sécurité tout l'isochronisme qu'il est aujourd'hui possible d'obtenir. Sous la réserve de la vérification de l'hypothèse des techniciens, et même d'une hypothèse un peu plus générale, voici un *quadruple de spiraux* à la

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 995.

fois isochrone et soustrait à toute pression élastique transverse ou longitudinale sur le balancier.

VII. Adoptons comme *premier doublet* deux spiraux de Le Roy symétriques par rapport au pied de l'axe sur le plan transverse commun des viroles; celles-ci sont et restent diamétralement opposées durant la déformation élastique du ressort et les pitons correspondants Q_1 et Q_2 sont également opposés en projection; sur chacun de ces ressorts les sens d'enroulement du piton vers la virole correspondante sont discordants; prenons *le symétrique de ce doublet par rapport à un plan transverse*, et nous aurons un quadruple dont chaque doublet produit un couple transverse et un couple longitudinal contenant son bras de virole.

Sous le bénéfice de l'hypothèse des techniciens, ce quadruple produit un couple pur proportionnel à l'écart du balancier au point mort; effet que l'on ne peut obtenir avec disparition des pressions électriques transverses ou longitudinales qu'au moyen de huit spiraux; car les couples longitudinaux s'équilibrent ici mutuellement.

HYDRODYNAMIQUE. — *Équations du mouvement d'un fluide rapportées à des axes mobiles*. Note de M. **Riabouchinski**, présentée par M. G. Kœnigs.

On rapporte les équations du mouvement d'Euler à des axes mobiles [1] en remplaçant les projections des accélérations sur les axes fixes par leurs projections sur les axes mobiles d'après les formules de Bour. Nous étudions dans la présente Note les modifications que subissent quelques-unes des formules de l'Hydrodynamique en raison de cette substitution.

Les équations du mouvement sous la forme donnée par Helmholtz se transforment comme suit

$$(1)\qquad \frac{\partial H}{\partial x} = 2(\zeta v' - \eta w') - \frac{\partial u}{\partial t}, \qquad \ldots, \qquad \ldots,$$

$$(2)\qquad H = \frac{1}{2}(W'^2 - \overline{W}^2) + \int \frac{dp}{\rho} - U;$$

(u, v, w), (u', v', w'), $(\bar{u}, \bar{v}, \bar{w})$ sont les projections sur les axes mobiles Ox, y, z des vitesses absolue W, relative W' et d'entraînement $\overline{W}$ respectivement.

En éliminant H entre la seconde et la troisième des équations (1), on

(1) G. Greenhill, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, t. 4, 1880.

obtient l'équation

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\xi}{\rho}\right)=\frac{\xi}{\rho}\frac{\partial u'}{\partial x}+\frac{\eta}{\rho}\frac{\partial u'}{\partial y}+\frac{\zeta}{\rho}\frac{\partial u'}{\partial z}$$

que l'on ramène facilement à la suivante :

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\xi}{\rho}\right)+q\frac{\zeta}{\rho}-r\frac{\eta}{\rho}=\frac{\xi}{\rho}\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\eta}{\rho}\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\zeta}{\rho}\frac{\partial u}{\partial z}.$$

La première partie de cette équation exprime la projection de l'accélération rotatoire absolue, rapportée à l'unité de masse, sur l'axe Ox.

Supposons que le mouvement absolu du fluide est permanent par rapport aux axes mobiles qui se meuvent uniformément. Dans ce cas,

$$(3) \qquad \frac{\partial u}{\partial t}=\frac{\partial v}{\partial t}=\frac{\partial w}{\partial t}=0, \qquad \frac{\partial u'}{\partial t}=\frac{\partial v'}{\partial t}=\frac{\partial w'}{\partial t}=0.$$

Les équations différentielles des lignes de tourbillon dans le mouvement absolu et des lignes de courant dans le mouvement relatif sont

$$(4) \qquad \frac{dx}{\xi}=\frac{dy}{\eta}=\frac{dz}{\zeta}=\frac{ds}{\Omega}, \qquad \frac{dx}{u'}=\frac{dy}{v'}=\frac{dz}{w'}=\frac{ds}{W'}.$$

En raison des conditions (3) ces équations sont indépendantes du temps. En multipliant les équations (1) respectivement par u', v', w' et par ξ, η, ζ et en les ajoutant, on a

$$(5) \qquad u'\frac{\partial H}{\partial x}+v'\frac{\partial H}{\partial y}+w'\frac{\partial H}{\partial z}=0, \qquad \xi\frac{\partial H}{\partial x}+\eta\frac{\partial H}{\partial y}+\zeta\frac{\partial H}{\partial z}=0.$$

Les équations (5) et (1) font voir que, si le mouvement du fluide est permanent par rapport aux axes mobiles, animés d'un mouvement uniforme, les surfaces H = const. contiennent une infinité de lignes de courant du mouvement relatif et une infinité de lignes de tourbillon du mouvement absolu. En désignant par δn un élément de la normale à l'une des surfaces, nous avons d'après les formules (1)

$$(6) \qquad \frac{\partial H}{\partial n}=2\,\Omega\, W'\sin\widehat{\Omega W'}.$$

Ces expressions correspondent aux conditions de M. H. Lamb de la permanence d'un mouvement fluide rapporté à des axes fixes.

Dans un domaine où H a une valeur constante, mais $\Omega\neq 0$, $W'\neq 0$, on doit avoir $\sin\widehat{\Omega W'}=0$. Les lignes de tourbillon absolu se confondent

avec les trajectoires du mouvement relatif :

$$(7)\qquad \frac{\xi}{u'} = \frac{\eta}{v'} = \frac{\zeta}{w'} = \frac{\Omega}{W'}.$$

En remplaçant dans l'équation

$$\frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial \zeta}{\partial z} = 0,$$

ξ, η, ζ par $\frac{\Omega}{W'}u'$, $\frac{\Omega}{W'}v'$, $\frac{\Omega}{W'}w'$, et en tenant compte de l'équation de continuité, on obtient

$$(8)\qquad \frac{\Omega}{W'\rho} = \text{const.}$$

le long de chaque trajectoire du mouvement relatif considéré. Les formules (7) et (8) correspondent à celles qu'avait obtenues Beltrami pour le mouvement permanent par rapport à des axes fixes.

Si les vitesses dérivent d'un potentiel $\varphi(x, y, z, t)$, on obtient en intégrant les équations (1) et en faisant rentrer la fonction arbitraire du temps dans φ

$$\int \frac{dp}{\rho} - U + \frac{1}{2}W'^2 - \frac{1}{2}\overline{W}^2 + \frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0.$$

Démontrons encore un théorème de Cinématique qui trouve une application dans le problème du mouvement de n corps solides dans un fluide parfait avec circulations, lorsqu'on calcule la force et le couple résultants, agissant sur l'un quelconque des solides, en appliquant l'équation de pression rapportée à des axes mobiles invariablement liés à ce corps.

Référons le trièdre mobile $Oxyz$ à un trièdre fixe $O_1x_1y_1z_1$ ayant au moment considéré t la même orientation et désignons par $u_1, v_1, w_1, p_1, q_1, r_1$ les projections sur les axes fixes des vitesses instantanées de glissement et de rotation du trièdre mobile, par a, b, c, α, β, γ les paramètres correspondants déterminant la position du trièdre mobile, et par $\overline{u_0}$, $\overline{v_0}$, $\overline{w_0}$ les projections sur les axes mobiles de la vitesse d'entraînement due à la rotation du trièdre. Désignons par $\overline{W_n}$ la projection de la vitesse d'entraînement totale au point P sur une direction PN dont les cosinus directeurs par rapport aux axes fixes sont l_1, m_1, n_1 et par rapport aux axes mobiles l, m, n :

$$\overline{W_n} = u_1 l_1 + v_1 m_1 + w_1 n_1 + \overline{u_0}\, l + \overline{v_0}\, m + \overline{w_0}\, n.$$

En calculant la variation de $\overline{W_n}$ au point $P(x_1, y_1, z_1)$, lorsqu'on fait

varier les paramètres a, b, c et les vitesses u_1, v_1, w_1, on a

$$(9)\quad \begin{gathered} \frac{\partial \overline{W}_n}{\partial a} = q_1 n_1 - r_1 m_1, \qquad \frac{\partial \overline{W}_n}{\partial b} = r_1 l_1 - p_1 n_1, \qquad \frac{\partial \overline{W}_n}{\partial c} = p_1 m_1 - q_1 l_1; \\ \frac{\partial \overline{W}_n}{\partial u_1} = l_1, \qquad \frac{\partial \overline{W}_n}{\partial v_1} = m_1, \qquad \frac{\partial \overline{W}_n}{\partial w_1} = n_1. \end{gathered}$$

Supposons maintenant que le point P et la direction PN sont invariablement liés aux axes mobiles et calculons la dérivée par rapport au temps des expressions (9) au moment t. On obtient

$$(10)\quad \frac{d}{dt}\frac{\partial \overline{W}_n}{\partial u_1} = \frac{\partial \overline{W}_n}{\partial a}, \qquad \frac{d}{dt}\frac{\partial \overline{W}_n}{\partial v_1} = \frac{\partial \overline{W}_n}{\partial b}, \qquad \frac{d}{dt}\frac{\partial \overline{W}_n}{\partial w_1} = \frac{\partial \overline{W}_n}{\partial c}.$$

On obtient de même, en appliquant un raisonnement analogue, les expressions

$$(11)\quad \frac{d}{dt}\frac{\partial \overline{W}_n}{\partial p_1} = \frac{\partial \overline{W}_n}{\partial \alpha}, \qquad \frac{d}{dt}\frac{\partial \overline{W}_n}{\partial q_1} = \frac{\partial \overline{W}_n}{\partial \beta}, \qquad \frac{d}{dt}\frac{\partial \overline{W}_n}{\partial r_1} = \frac{\partial \overline{W}_n}{\partial \gamma}.$$

Les expressions (10) et (11) constituent le théorème.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la nécessité de l'existence du vecteur tourbillon dans les mouvements des liquides, lorsqu'il y a variation d'énergie le long des trajectoires des diverses particules.* Note de M. **D. Eydoux**, présentée par M. Rateau.

Les équations générales de l'Hydrodynamique, applicables aux liquides parfaits, sont établies dans l'hypothèse que la pression en un point est normale à la paroi sur laquelle elle s'exerce et indépendante de l'orientation.

Si l'on suppose que les forces extérieures dérivent d'un potentiel U et si l'on désigne par X, Y, Z les forces rapportées à l'unité de volume, on a

$$(X, Y, Z) = -\frac{\partial U}{\partial(x, y, z)}.$$

Les équations fondamentales sont alors

$$(1)\quad \frac{\partial}{\partial(x, y, z)}\left[\frac{p}{\rho} + U\right] + (u', v', w') = 0.$$

1° Sous cette forme, on peut donner immédiatement une généralisation du théorème de Lagrange et Cauchy. Les premiers termes des équations (1) dérivant d'un potentiel, il doit en être de même des seconds termes.

Écrivons alors, en ce qui concerne ces seconds termes, les conditions d'intégrabilité. Nous aurons

$$(2) \qquad \frac{\partial u'}{\partial y} - \frac{\partial v'}{\partial x} = 0, \qquad \frac{\partial u'}{\partial z} - \frac{\partial w'}{\partial x} = 0, \qquad \frac{\partial v'}{\partial z} - \frac{\partial w'}{\partial y} = 0.$$

Or on sait que

$$u' = \frac{du}{dt}, \qquad v' = \frac{dv}{dt}, \qquad w' = \frac{dw}{dt}.$$

Intervertissant l'ordre des dérivations et faisant apparaître l'expression des composantes du vecteur tourbillon, nous voyons que

$$\frac{d}{dt}(\xi, \eta, \zeta) = 0\,;$$

d'où : quand, dans un liquide parfait soumis à des forces dérivant d'un potentiel, il existe, en un point quelconque et à un instant quelconque, un vecteur tourbillon, ce vecteur reste constant en grandeur et direction tout le long de la trajectoire de la particule considérée. En particulier, si le tourbillon est nul à un instant quelconque, il sera nul tout le long de la trajectoire.

2° Les équations (1) ont pour conséquence l'expression

$$\frac{d}{dt}\left[\frac{p}{\rho} + U + \frac{V^2}{2}\right] = 0,$$

qui exprime que l'énergie de la particule considérée reste constante. Si l'on a affaire à un mouvement permanent, on en déduit le théorème de D. Bernoulli ; l'énergie est constante le long d'un filet liquide en mouvement et l'on ne peut conclure autre chose des équations.

Or, on peut obtenir en fait des variations d'énergie le long des filets liquides en mouvement; le cas des turbines et des pompes centrifuges en est un exemple frappant. Les hypothèses faites sont donc insuffisantes et, si l'on conserve l'hypothèse de la pression normale, on devra envisager que les filets liquides doivent être soumis à des forces ne dérivant pas d'un potentiel.

Nous aurons alors

$$(3) \qquad \frac{\partial}{\partial(x, y, z)}\left[\frac{p}{\rho}\right] - (X, Y, Z) + (u', v', w') = 0.$$

Le premier terme dérivant d'un potentiel, la somme des deux derniers

termes doit aussi en dériver; on a alors

$$(4)\quad 2\frac{d}{dt}(\xi)=\frac{\partial Z}{\partial y}-\frac{\partial Y}{\partial z},\qquad 2\frac{d}{dt}(\eta)=\frac{\partial X}{\partial z}-\frac{\partial Z}{\partial x},\qquad 2\frac{d}{dt}(\zeta)=\frac{\partial Y}{\partial x}-\frac{\partial X}{\partial y}.$$

Les forces ne dérivant pas d'un potentiel, le vecteur tourbillon n'est ni nul, ni constant en grandeur et direction le long de la trajectoire.

Si nous prenons, d'autre part, un liquide visqueux en mouvement, les pressions ne sont pas normales : mais on considère toujours une composante normale p et l'on ajoute des composantes tangentielles qui s'introduisent, dans les équations de Navier, par les termes $\frac{\varepsilon}{\rho}\Delta(u, v, w)$. Si les vitesses dépendent d'un potentiel, ces termes disparaissent et il n'y a plus perte d'énergie par frottements dus à la viscosité.

L'existence de forces ne dérivant pas d'un potentiel et, par voie de conséquence, l'existence du vecteur tourbillon, est donc une nécessité pour obtenir la variation de l'énergie d'un filet fluide en mouvement.

Ce fait, visible sur les équations de Navier, pour les liquides visqueux, avait été indiqué, comme une conséquence des équations des turbines, par Bakersfeld et Lorentz. Ce dernier indiquant en particulier que « l'accélération de liaison et, par conséquent, le champ de forces substitué aux aubes, disparaissent en même temps que le tourbillon ».

Nous avons tenu à montrer, sous la forme qui précède, toute la généralité de la question.

ASTRONOMIE. — *Contribution à l'étude de la formation des étoiles doubles, multiples, des amas et des nébuleuses planétaires.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

On connaît maintenant la fréquence des alignements et des courants d'étoiles (courants de la Grande Ourse, du Taureau, etc.) en dehors des deux courants généraux de Kapteyn. Cherchons les conditions qui peuvent rapprocher les étoiles dans un alignement ou un courant.

Soit un alignement 1 d'étoiles, ayant la vitesse V_0, espacées dans l'alignement de la longueur $E = V_0 T$. Imaginons que l'alignement vienne heurter en 2 la nébuleuse N de vitesse W. Supposons d'abord W négligeable vis-à-vis de V_0 : deux étoiles 1, 2 de l'alignement séparées d'abord par la distance E occuperont après des temps T, 2T, 3T, ... les positions 2, 3, 4, ... dans la nébuleuse et arriveront ainsi plus ou moins vite

dans la sphère d'attraction l'une de l'autre. Si la résistance dans la nébuleuse est proportionnelle au carré de la vitesse et à $\frac{1}{K}$, le mouvement retardé sera régi par l'équation

$$\frac{d^2Z}{dt^2} = -\frac{1}{K}\left(\frac{dZ}{dt}\right)^2, \qquad \text{d'où} \qquad \frac{1}{V} = \frac{T}{K} + \frac{1}{V_0};$$

$$Z = KL\frac{V_0}{V} = KL\left(1 + \frac{V_0 T}{K}\right) \qquad (Z = 0,\ V = V_0 \text{ pour } T = 0).$$

Les Z étant comptés dans la nébuleuse à partir du point A, la distance séparant les deux étoiles 1, 2 après les temps nT, $(n+1)T$ sera, si elles rencontrent la même résistance de milieu :

$$Z_{n+1} - Z_n = KL\left(1 + \frac{V_0 T}{n V_0 T + K}\right).$$

Ainsi, quel que soit K et d'autant plus vite que la résistance de la nébuleuse sera plus grande, la distance des deux étoiles deviendra nulle, alors qu'elles étaient séparées dans l'alignement par une distance E dépassant le rayon d'attraction de leurs masses.

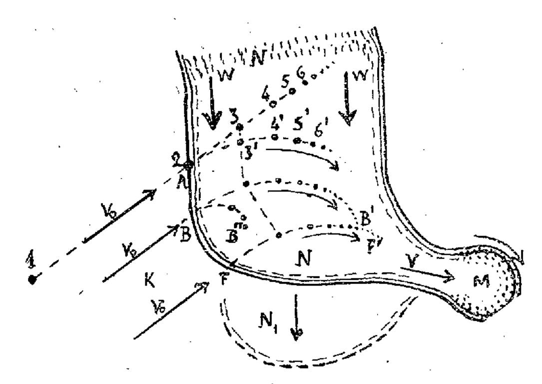
Si la vitesse W de la nébuleuse est faible, la pénétration de l'étoile 1 dans le milieu résistant sera facilitée par le vide relatif de matière nébuleuse produit par la condensation sur l'étoile 2. Par le même processus une troisième étoile de l'alignement 2 pourra être captée par l'étoile double déjà formée.

Si la vitesse W est assez grande, le problème se traitera comme celui des trajectoires balistiques dans un milieu résistant, la pesanteur étant remplacée par la pression de W sur le projectile stellaire. La trajectoire aurait à distance finie une asymptote parallèle à W si l'attraction mutuelle des étoiles n'en augmente la courbure : elle s'infléchira de 2-6 à 2-6', les étoiles de l'alignement se rapprochant le long de la trajectoire comme dans le premier cas. La courbure de la trajectoire aura comme conséquence la formation d'étoiles doubles avec excentricité d'orbite moins grande que dans le cas de la trajectoire rectiligne. Cette courbure s'accentuera d'ailleurs si la nébuleuse augmente de densité dans ses couches profondes.

Cas d'un courant d'étoiles K. — On peut schématiquement le réduire à des alignements parallèles et ne considérer que les alignements situés dans le plan des vitesses $V_0 W$. Dans le cas particulier où le bord AB de la nébuleuse est parallèle à W, les trajectoires de deux alignements sont parallèles dans la nébuleuse, mais se rapprochent au point de pouvoir faciliter la cap-

ture d'une étoile d'un alignement par une étoile d'un autre alignement. Dans le cas général où le bord BF de la nébuleuse n'est pas parallèle à W, les trajectoires BB', FF' se croisent dans la nébuleuse, ce qui rend presque inévitable les captures. Une étoile parcourant FF' croise la trajectoire BB' avec une grande vitesse relative; les étoiles doubles produites auront des orbites très excentrées (binaires visuelles) tandis que les étoiles doubles produites par deux étoiles d'un même alignement formeront des couples très serrés (binaires spectroscopiqnes). Les étoiles du type B ayant peu de vitesse et un grand diamètre pour leur masse auront une trajectoire BB″ à forte courbure favorisant les orbites relatives peu excentrées. Les binaires de ce type seront exclusivement spectroscopiques. Inversement il n'y aura pas de binaires du type N en raison de leur grande vitesse et de leur grande densité.

Cas des amas globulaires et des nébuleuses planétaires. — La figure montre que toutes les trajectoires sont déviées dans le même sens par



la vitesse W comme si elles tournaient en moyenne autour d'un axe perpendiculaire au plan de la figure. D'autre part, la résistance de milieu ramasse les étoiles dans un volume beaucoup plus petit que celui qu'elles occupaient dans le courant K et augmente leurs masses de toute celle captée dans la nébuleuse. Leur attraction mutuelle resserrera encore leurs intervalles en uniformisant leur rotation d'ensemble. Il en est de même dans tous les plans parallèles à celui de la figure. Ce sont les conditions propres à former un amas globulaire M tournant dans le sens *f* : sa vitesse moyenne dont la direction V sera intermédiaire entre celles de V_0 et W l'entraînera hors de la nébuleuse N elle-même attirée par l'attraction dans la direction V. Le choc des étoiles sur la nébuleuse y produira une pulsation comme celle des Céphéides. Les mêmes phénomènes pourront

recommencer pour former un second amas aux dépens du courant K : dans l'intervalle de la formation de deux amas, la nébuleuse N, qui avait été retardée et comme coupée par la formation des amas, reprendra sa marche en N_1 qui constituera une nébuleuse isolée ayant tendance à se réunir en sphéroïde autour d'un noyau stellaire comme les *nébuleuses planétaires*.

Dans la nébuleuse spirale de la Voie lactée, le courant K peut représenter la spire extérieure divergeant du noyau, et la nébuleuse W la masse génératrice des amas globulaires et des nébuleuses planétaires dont le nombre est limité (86-150) et dont les vitesses excèdent notablement celle des étoiles. Dans la nébuleuse des Chiens de Chasse, la nébuleuse secondaire représente aussi le refoulement de la spire extérieure par la nébuleuse W.

Ainsi les étoiles multiples, les amas globulaires et les nébuleuses planétaires ont, d'après la cosmogonie dualiste, la même origine (choc de masses condensées sur une nébuleuse) que le système solaire et les nébuleuses spirales.

ASTRONOMIE. — *Étude photométrique de l'éclipse de Lune des* 16-17 *octobre* 1921. Note de M. **A. Danjon**, présentée par M. Baillaud.

L'éclipse des 16-17 octobre s'étant présentée à Strasbourg dans des conditions atmosphériques favorables, j'ai pu exécuter le programme d'observations photométriques que je m'étais tracé. Il s'agissait de déterminer la courbe de l'éclairement e de la Lune à l'intérieur de l'ombre et de la pénombre, en fonction de la distance d à l'axe du cône.

Le photomètre construit dans ce but permet de comparer l'éclat du bord de la Lune le plus voisin du centre de l'ombre, et que j'appellerai bord intérieur, au bord diamétralement opposé ou bord extérieur. Pendant un certain temps, au début et à la fin de l'éclipse, le bord extérieur se trouve en dehors de la pénombre et son éclairement peut être pris comme unité. La mesure fournit alors directement la valeur de l'éclairement à la distance d du bord intérieur au centre de l'ombre. Pendant les phases voisines du milieu de l'éclipse, il y a lieu de tenir compte de l'assombrissement du bord extérieur par la pénombre; les mesures de celle-ci, effectuées au début et à la fin du phénomène, fournissent aisément la correction.

Le photomètre à double image employé se compose d'une lunette astronomique, d'un prisme biréfringent de Wollaston et d'un nicol tournant, muni d'un index mobile sur un cercle divisé. Le Wollaston est placé entre l'objectif et l'oculaire, de manière à fournir deux images de la Lune exactement tangentes. On oriente la lunette autour de son axe de telle sorte que le bord intérieur d'une image soit en contact

avec le bord extérieur de l'autre. En tournant le nicol, on égalise l'éclat des deux bords en regard, et l'on note la position de l'index d'où l'on déduit le rapport des éclairements. En raison des colorations de l'ombre, j'ai placé devant l'œilleton tantôt un filtre rouge orangé (λ moyen $= 610$), tantôt un vert (λ moyen $= 540$).

A priori, la Lune se prête mal aux mesures photométriques, à cause de la diversité de son pouvoir diffusant. Heureusement, les régions qui touchent au limbe sont d'une blancheur à peu près uniforme, et c'est ce qui a déterminé le choix de la méthode. D'ailleurs, l'entrée et la sortie de l'ombre et de la pénombre se faisaient en des points diamétralement opposés. S'ils n'ont pas le même éclat, l'erreur systématique disparaîtra dans la moyenne des mesures effectuées en phase croissante et en phase décroissante; du moins quant aux mesures se rapportant à la pénombre, et aux parties extérieures de l'ombre.

223 déterminations ont été faites entre 8^h et 14^h (t. m. a. G.). Je les ai groupées en 27 moyennes, et portées sur un graphique dont les abscisses représentent la distance au centre de l'ombre. Il est très facile de relier les points par une courbe d'allure régulière, avec une précision de quelques unités pour cent. Je fournis ici, non les mesures elles-mêmes, mais quelques points de la courbe qui suffisent à en fixer la forme.

Ombre.

	log *e*	
d.	$\lambda = 610$.	$\lambda = 540$.
12′. 0″	$\bar{4},08$	$\bar{5},40$
20. 0	$\bar{4},18$	$\bar{5},83$
30. 0	$\bar{4},33$	$\bar{4},08$
35. 0	$\bar{4},42$	$\bar{4},27$
40. 0	$\bar{3},13$	$\bar{3},10$
40.40	$\bar{3},50$	$\bar{3},50$

Pénombre.

	log *e*	
d.	observé.	calculé.
40′.40″	$\bar{3}.50$	″
42.30	$\bar{2},34$	″
45.	$\bar{2},88$	$\bar{2},95$
50.	$\bar{1},41$	$\bar{1},42$
60.	$\bar{1},79$	$\bar{1},80$
70.	$\bar{1},97$	$\bar{1},98$
73.24	0,00	0,00

1° J'ai calculé les valeurs théoriques de log*e* dans la pénombre, et le Tableau ci-dessus permet de les comparer aux valeurs observées. L'accord est très bon, ce qui légitime la méthode employée.

2° Les valeurs trouvées pour l'ombre appellent quelques remarques. Dans les parties extérieures de l'ombre, la lumière réfractée par notre atmosphère reste blanche, les mesures étant indépendantes de la longueur d'onde. Mais à mesure que l'on s'enfonce dans l'intérieur du cône, la lumière devient de plus en plus rouge. En extrapolant la courbe jusqu'à $d = 0$ (éclipse centrale), on trouve pour le rouge orangé $\log e = \bar{5},9$; et pour le vert, $\log e = \bar{6},8$. Une première analyse du phénomène m'a permis de déduire de ces valeurs

le coefficient de transmission de notre atmosphère au moment de l'éclipse. En désignant par k le coefficient de transmission verticale (c'est-à-dire calculé pour une colonne d'air normal d'un centimètre carré de section et pesant 1033g), on arrive aux résultats suivants :

λ.	K.
610	0,90
540	0,85

Les absorptions sont dans le rapport 1,54 et les inverses des quatrièmes puissances des longueurs d'ondes, dans le rapport 1,63. La théorie plus complète que je poursuis actuellement ne modifiera pas sensiblement ces nombres.

Si l'éclipse avait été centrale, la Lune aurait rayonné, en lumière rouge, autant qu'une étoile de grandeur $-2^m,6$. Comparé aux quelques évaluations antérieures que l'on possède, cet éclat est exceptionnellement intense. D'ailleurs, la partie dans l'ombre n'a jamais disparu dans une petite lunette. A l'œil nu, elle était encore visible à $12^h 20^m$, c'est-à-dire 14 minutes seulement avant la sortie de l'ombre. Or, il résulte du très grand nombre d'observations d'éclipses que j'ai rassemblées, que, même dans des éclipses qualifiées « claires » pendant la totalité, la partie dans l'ombre est souvent invisible à l'œil nu pendant la phase partielle.

L'éclipse du 16 octobre a donc été exceptionnellement claire, comme je l'avais annoncé (1).

ASTRONOMIE. — *Observations, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant l'éclipse de Lune du* 16 *octobre* 1921. Note de MM. **J. Guillaume** et **H. Grouiller**, présentée par M. B. Baillaud.

Le commencement et la fin du phénomène ont été notés ainsi :

Instrument.	Ouverture.	Grt.	Observatr.	Temps moyen Greenwich. Commencement.	Fin.
	m			h m s	h m s
Équatorial coudé	0,320	75	J. G.	9.14,2	12.34,7
Eq. Eichens-Gautier (2)	0,160	50	H. G.	»	12.32,5
Lunette Bardou	0,075	80	C. B.	9.13,0	12.33,6
A l'œil nu	»	»	M. B.	9.12,7	12.33

(1) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 1127 et 1207.

(2) Une panne d'électricité ayant bloqué la coupole, l'équatorial Brünner n'a pu être utilisé.

Entre temps, pour faciliter l'observation d'occultations d'étoiles, M. Guillaume était assisté par Mlle M. Bloch, et M. Grouiller par Mlle C. Bac.

La présence d'un voile de brume élevé, dû au temps sec dont la période exceptionnellement longue se poursuit, rendait le ciel laiteux, ne laissant discerner que les étoiles les plus brillantes avant et après l'éclipse, et au voisinage de la phase presque totale on ne pouvait voir, à l'équatorial coudé, celles inférieures à la grandeur 9,5, lesquelles, d'ailleurs, disparaissaient à l'approche du limbe lunaire plongé dans l'ombre; à l'équatorial Eichens-Gautier, ces mêmes étoiles étaient complètement invisibles.

Les immersions suivantes, seules, ont été observées :

A aucun moment, pendant la durée de l'éclipse, le disque entier de la Lune n'a cessé d'être visible, et la teinte rouge cuivré de l'ombre, bordée d'une zone gris bleuté, permettait aisément d'en discerner les détails sélénographiques.

	Instrument.	Grt.	Obsr.	T. m. Greenwich.
				h m s
Anonyme (9,4)......	Éq. Eichens-Gautier	50	H. G.	10.30.52,6 (*)
B. D. + 7,218 (9°,2).	Equatorial coudé	105	J. G.	10.31.10,5 (**)
B. D. + 7.225 (9°,0).	»	105	J. G.	11. 3.11,0 (**)

Remarques. — (*) L'étoile est au tiers de la distance entre B. D. + 7°,215 et 7°,217. — (**) Instantanée.

PHYSIQUE. — *Potentiels critiques relatifs aux discontinuités* K *et* L_1 *d'absorption de l'aluminium. Nouvelle détermination de la constante h de Planck.* Note de M. **Holweck**, présentée par M. G. Urbain.

Principe. — Si l'on détermine la transparence T d'un corps pour les rayons X produits en arrêtant, sur une anode, un faisceau d'électrons lancés par une différence de potentiel V (T étant le nombre qui mesure l'intensité des rayons traversant le corps, le rayonnement incident étant égal à 100); la courbe $T = f(V)$ présentera un point singulier au moment où V prendra la valeur

$$V = \frac{h\nu}{e},$$

h étant l'élément d'action de Planck, e la charge élémentaire et ν la fréquence d'une discontinuité d'absorption du corps considéré. Ce point singulier sera d'autant plus net que les rayons seront plus filtrés, c'est-

à-dire contiendront une proportion plus grande de radiations intéressant l'extrémité du spectre continu du côté des hautes fréquences.

Si l'on a déterminé, par l'angle de diffraction des rayons sur un cristal de constante réticulaire connue, la fréquence ν d'une discontinuité d'absorption et si l'on mesure le potentiel V, on a les éléments pour calculer h.

Appareil. — Le dispositif expérimental est toujours le même [1] : un fil de tungstène rectiligne est porté à l'incandescence et émet des électrons qui bombardent une anode, en forme de V, entourant la cathode à une petite distance. Tout ce dispositif est placé dans une enceinte métallique où un bon vide est fait au moyen d'une pompe moléculaire tournant constamment pendant les expériences. Les rayons sortent du tube producteur en traversant une feuille de celluloïd mince et étanche, et pénètrent dans un électroscope contenant de l'air à une pression suffisante pour absorber entièrement les rayons. Entre la grille épaisse supportant la feuille étanche, qui constitue en même temps un canaliseur multitubulaire, et l'anode où sont produits les rayons, un dispositif à volets, mû de l'extérieur par des rodages, permet d'interposer, sur le trajet des rayons, la feuille d'aluminium dont on veut mesurer la transparence; un autre volet permet d'interposer un filtre convenable. La différence de potentiel entre l'anode et la cathode était produite au moyen d'une batterie de petits accumulateurs et mesurée au moyen d'un voltmètre étalon Weston; le point commun, origine des potentiels, étant l'extrémité négative du filament incandescent.

Résultats : Potentiel critique K. — Trois déterminations ont été faites. Dans ces mesures, la feuille d'aluminium employée avait $8,99.10^{-4}$ cm d'épaisseur et l'électroscope contenait de l'air à la pression de 3^{cm} de mercure (profondeur 12^{cm}).

Dans la première détermination, les rayons étaient filtrés au travers d'une feuille d'aluminium semblable à celle en expérience : la filtration étant insuffisante, une discontinuité peu prononcée apparaissait à 1575 ± 20 volts. Dans la deuxième détermination, les rayons étaient filtrés au travers de trois feuilles de celluloïd de 4.10^{-4} cm d'épaisseur environ. La discontinuité, beaucoup plus franche, a été observée à 1560 ± 10 volts. Dans la troisième détermination, les rayons étaient considérablement filtrés au travers de 32.10^{-4} cm d'acétate de cellulose qui laissait passer moins de $\frac{1}{100}$ du rayonnement incident. La discontinuité, très nette, a été trouvée à 1555 ± 10 volts, soit en prenant pour h la valeur $6,55.10^{-27}$:

$$\lambda = (7,95 \pm 0,05)\, 10^{-8}\,\text{cm}.$$

La précision n'a pas été augmentée par suite de la faible intensité des rayons

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 849, et t. 172, 1921, p. 439.

filtrés rendant les mesures un peu flottantes. C'est cependant ce dernier nombre que nous conserverons. Le Tableau suivant donne les valeurs de T en fonction de V :

V (en volts)....	1400	1450	1500	1525	1550	1575	1600	1650	1700
T (en pour 100).	31,8	34,1	36,4	37,7	38,6	37,6	35,8	32,3	28,8

Potentiel critique L_1. — La feuille d'aluminium employée avait $6,3.10^{-5}$ cm d'épaisseur environ (aluminium battu). La filtration des rayons était uniquement faite par la feuille étanche de celluloïd qui avait $0,8.10^{-5}$ cm d'épaisseur. La discontinuité, très franche, se place à $64,0 \pm 2$ volts, soit $\lambda = (193,5 \pm 4).10^{-8}$ cm.

Ce nombre est en bon accord avec celui déduit, d'après le principe de combinaison, de la raie $K\alpha_1$ et de la discontinuité K et avec celui calculé par extrapolation, suivant la loi de Moseley, de la raie $L\beta_1$, d'où la discontinuité L_1 est voisine. La valeur observée directement est vraisemblablement la plus précise.

Voici les valeurs de T en fonction de V :

V (en volts)...	45	50	55	60	65	68	70	75	80
T (en pour 100).	15,8	18,7	21,6	24,3	26,8	26,4	25,6	22,6	17,8

Cette discontinuité L_1 pouvant avoir, suivant les prévisions de Kossel (¹), une structure fine importante, il sera intéressant de déterminer le même potentiel critique pour un composé dans lequel l'aluminium aura perdu un certain nombre de ses électrons de valence (dans Al^2O^3, par exemple).

Il est à remarquer que la discontinuité L_1 de l'aluminium tombe dans le domaine des radiations ultraviolettes étudiées par Millikan (longueur d'onde minimum 160.10^{-8} cm).

Ces mesures seront étendues aux éléments voisins et à leurs composés.

Mesure de la constante h. — Hugo Fricke (²) a déterminé, au moyen du spectrographe de Siegbahn, la longueur d'onde des discontinuités K d'un certain nombre d'éléments légers, de l'aluminium en particulier. Il a trouvé pour $AlK\lambda = 7,9470.10^{-8}$ cm en se servant comme références de $WL\alpha_1$ $\lambda = 1,4735$ et de $SnL\alpha_1$ $\lambda = 3,5929$. Le potentiel critique K étant 1555 ± 10 volts, et en prenant pour la charge élémentaire la valeur $4,774.10^{-10}$ on trouve pour h $(6,55 \pm 0,02) 10^{-27}$. L'erreur porte principalement sur la détermination du potentiel critique. La structure fine de la discontinuité

(¹) *Verh. d. D. Phys. Ges.*, t. **18**, 1916, p. 339, et *Zeits. für Physik*, t. **1**, 1920, p. 112.

(²) Hugo Fricke, *Physical Review*, septembre 1920.

qui s'étend sur 4,9 volts était, en effet, insensible avec une feuille aussi épaisse que celle en expérience : Fricke a observé que cette structure complexe se réduisait à la discontinuité principale pour les feuilles d'épaisseur supérieure à 1.10^{-4} cm. La précision sur la détermination du potentiel critique est susceptible d'être accrue en améliorant, par des mesures croisées, le tracé de la courbe $T = f(V)$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherche magnétochimique des constitutions en Chimie minérale. I. Les acides du soufre.* Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les résultats fournis par l'analyse magnétique dans l'étude des constitutions organiques m'ont conduit à l'appliquer à la recherche des constitutions minérales. J'avais l'espoir de mettre en évidence certains groupements atomiques magnétiquement définis, et de prolonger ainsi à la chimie des métalloïdes l'emploi des formules développées, dont on connaît l'intérêt didactique et euristique.

Pour les acides du soufre, l'étude a englobé tous les composés oxygénés minéraux de cet élément, les hydroxylamine-sulfonates, les amidosulfonates, enfin les acides sulfiniques ou sulfoniques, les sulfoxydes et les sulfones organiques. Le Tableau ci-dessous rassemble une partie des susceptibilités moléculaires observées, et, grâce aux règles d'additivité précédemment données, on en a déduit par différence la part contributive des groupements oxysulfurés.

Composés.	Susceptibilités.	Radicaux.
$SO^4(C^2H^5)^2$	-869.10^{-7}	$SO^4 = -336.10^{-7}$
SO^4Ba	-714	336
$S^2O^8K^2$	-1002	314
$C^2H^5(SO^3C^2H^5)$	-818	$SO^3 = -285.10^{-7}$
$NOH(SO^3K)^2$	-1079	289
$NH^2-CH(SO^3K)(SO^3H)$	-973	278
NH^2SO^3H	-428	285
$(C^6H^5)^2SO^2$	-1289	$SO^2 = -247.10^{-7}$
$SO^3(C^2H^5)^2$	-755.10^{-7}	$SO^3 = -222.10^{-7}$
$SO^3Na^2, 7H^2O$	-1314	223
$(C^2H^5SO^2)^2Mg, 2H^2O$	-1263	$SO^2 = -179.10^{-7}$
$(C^2H^5)^2SO$	-670	$SO = -137.10^{-7}$
$S^2O^3Na^2$	-618.10^{-7}	$S^2O^3 = -434.10^{-7}$
$S^2O^6Ba, 2H^2O$	-1197	$S^2O^6 = -560.10^{-7}$
$S^4O^6K^2$	-1244	$S^4O^6 = -874.10^{-7}$

Ces résultats prêtent immédiatement à quelques remarques, indépendantes, il faut le noter, de toute théorie de la valence, et de toute formule développée préalable.

1° Les groupements SO^2, SO^3, SO^4 des sulfones, sulfonates et sulfates possèdent une individualité magnétique constante :

$$SO^2 = -247.10^{-7}, \quad SO^3 = -285.10^{-7}, \quad SO^4 = -336.10^{-7}.$$

Au degré de précision des mesures, ces nombres forment une progression arithmétique dont la raison est précisément la susceptibilité atomique (46.10^{-7}) de l'oxygène des fonctions alcool ou éther-oxyde. Nous sommes donc fondé à admettre la présence du groupe SO^2 des sulfones dans l'acide sulfurique ou les acides sulfonés; l'oxygène en excès servirait à faire la liaison avec l'hydrogène de l'acide ou le métal du sel. C'est la justification des formules rationnelles : $RSO^2(OH)$ ou $SO^2(OH)^2$.

2° Le groupement S^2O^3 de l'acide hyposulfureux compte pour -434.10^{-7} dans la susceptibilité moléculaire; il diffère du radical sulfurique SO^4 de l'écart $-(150-46).10^{-7}$ qui sépare le soufre des mercaptans de l'oxygène des alcools; c'est la consécration de la formule développée *thiosulfurique* $SO^2(OH)(SH)$.

3° Dans la série thionique, la part contributive du radical acide se calcule exactement en doublant la valeur du groupe SO^3H des acides sulfonés et en y ajoutant éventuellement la susceptibilité atomique normale du soufre. L'acide dithionique est donc l'acide disulfonique

$$SO^2(OH) - SO^2(OH);$$

les autres des dérivés disulfonés du soufre :

$$SO^2(OH) - S^n - SO^2(OH).$$

A aucun ne conviennent les formules dissymétriques proposées par Debus.

4° Les sulfites, les sulfinates et les sulfoxydes ont une constitution totalement différente des précédentes, et dans le sens d'une non-saturation de la molécule (dépréciation du diamagnétisme). La comparaison des radicaux acides fournit cette fois la progression :

$$SO = -137.10^{-7}, \quad SO^2 = -179.10^{-7}, \quad SO^3 = -223.10^{-7},$$

dont la raison est encore égale à la susceptibilité atomique de l'oxygène dans les alcools et les éthers.

Ainsi, les acides sulfureux et sulfiniques doivent contenir le groupement

SO des sulfoxydes et s'écriront : $SO(OH)^2$ ou $RSO(OH)$. Il faut donc renoncer aux formules dissymétriques données parfois aux sulfites et aux sulfinates métalliques pour expliquer leur transformation en sulfonates et en sulfones par double décomposition avec un éther halogéné. Ces réactions inattendues sont le fait de combinaisons moléculaires suivies de transpositions, et elles trouvent bien dans les travaux d'Arbusow et d'Otto leur explication naturelle, en parfait accord avec l'analyse magnétique.

Nous montrerons bientôt que l'étude des acides du phosphore et de l'azote conduit à des résultats analogues pour la constitution des phosphites et des azotites.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur un nouveau procédé de dosage de la silice.* Note de M. **Travers**, présentée par M. Haller.

Tout le monde connaît les difficultés du dosage de la silice, en présence d'un *grand excès de sels alcalins*. Ces difficultés ont été très bien étudiées par Hildebrand [1]; cet auteur a montré que malgré deux insolubilisations en milieu chlorhydrique, on n'obtenait pas toute la silice; que la silice non précipitée ne se retrouvait pas non plus quantitativement avec l'alumine, au cours de l'analyse. En substituant à HCl, SO^4H^2, Hildebrand a pu obtenir des résultats plus exacts [2].

C'est en vue d'obtenir un procédé de dosage moins long, et d'améliorer les résultats, que nous avons étudié la méthode suivante. Nous montrerons d'autre part qu'elle permet un dosage exact de la silice, en présence *à la fois* de fluor et d'alumine, alors que la méthode de Berzélius donne des résultats inférieurs.

Principe de la réaction. — La silice étant à l'état de silicate alcalin, on la précipite à l'état de SiF^6K^2, insoluble dans une solution de concentration suffisamment riche en ions K (15^g à 20^g KCl dans 100^{cm^3}). Le précipité humide est titré alcalimétriquement, à l'ébullition, en présence de phtaléine, par une liqueur de KOH *décarbonatée*, $\frac{N}{5}$; ce dosage volumétrique du fluosili-

(1) *Amer. Chem. Soc.*, t. 24, 1902, p. 362.

(2) La solubilisation de la silice, en présence des sels alcalins et l'amélioration du procédé par le remplacement de HCl par un acide plus fixe, SO^4H^2 par exemple, nous paraissent une conséquence directe de la réversibilité de la réaction

$$SiO^2 + 2\,NaCl + H^2O \rightleftharpoons SiO^3Na^2 + 2\,HCl.$$

cate a été indiqué par Hilemann (¹). La réaction correspond exactement à

$$SiF^6K^2 + 4\,KOH = 6\,KF + SiO^2 + 2\,H^2O.$$

Transformation du silicate en fluosilicate. — La solution alcaline de silicate alcalin (50^{cm^3} par exemple) est traitée en capsule d'*argent* par 1^g *au moins* de KF pour $0^g,150$ de SiO^2; on verse ensuite de l'acide chlorhydrique ordinaire, d'abord jusqu'à neutralisation (hélianthine), puis en faible excès, 2^{cm^3} environ; on ajoute enfin un excès de KCl solide (7^g à 10^g au moins pour 50^{cm^3} de liqueur).

HCl déplace HF du fluorure de potassium; HF réagit sur le silicate alcalin d'après la réaction

$$(1)\qquad 6\,HF + SiO^2 = SiF^6H^2 + 2\,H^2O.$$

L'acide fluosilicique formé réagit sur KCl d'après la réaction *réversible*

$$(2)\qquad SiF^6H^2 + 2\,KCl \rightleftharpoons SiF^6K^2 + 2\,HCl.$$

Si la concentration du milieu en KCl est suffisante, la réaction (2) est complète de gauche à droite.

L'étude de cette réaction sera donnée dans un Mémoire ultérieur.

Le précipité de SiF^6K^2 est filtré sur filtre *dur* et sur entonnoir en ébonite ou en carton durci; il est lavé avec une solution de KCl à 20 pour 100 (ou d'eau alcoolisée à 50 pour 100), jusqu'à cessation d'acidité à l'hélianthine, puis titré alcalimétriquement, comme on l'a indiqué plus haut. Le virage est net et peut s'affirmer à $\frac{1}{10}$ de centimètre cube près de KOH $\frac{N}{5}$. La précision du dosage est grande, car 1^{cm^3} de KOH $\frac{N}{5}$ correspond à 5^{mg} de SiO^2; la méthode est donc tout à fait intéressante pour la recherche de traces de silice.

Applications. — 1. *Dosage d'un silicate alcalin.* — La méthode fournit rapidement et en une *seule* opération la teneur en SiO^2.

Soit une solution de silicate K.

La détermination de la silice par deux insolubilisations, au *bain-marie* en milieu HCl, a donné : prise 10^{cm^3} SiO^2 : $0^g,1225$, $0^g,123$, $0^g,123$.

Dosage à l'état de SiF^6K^2 : prise 10^{cm^3} :

(¹) *Zeit. für anorg. Chem.*, t. 51, 1906, p. 159.

KOH $\frac{N}{5}$.	SiO^2.
cm³	g
41,2	0,1237
41,3	0,1239
41,2	0,1237

Les résultats trouvés par notre méthode sont systématiquement plus élevés que ceux donnés par la méthode classique (insolubilisation en présence de sels alcalins).

2. *Recherche de traces de* SiO^2 *dans les alcalis*, potasse caustique, soude, peroxyde de sodium, *dans les sels alcalins :* La méthode fournit dans ce cas rapidement et avec précision, les traces de SiO^2.

3. *Dosage du quartz ou des silicates.* — On fait passer la silice à l'état de silicate alcalin par fusion avec KOH caustique, en creuset d'argent. On reprend par l'eau, on filtre à l'ébullition dans une capsule d'argent; après lavage et refroidissement, on procède comme précédemment. S'il n'y a pas d'alumine, toute la silice passe dans le filtrat; la présence d'alumine entraîne la formation d'un *silicoaluminate* alcalin insoluble, qui reste sur le filtre. Dans ce dernier cas, on fait tomber le précipité humide dans la liqueur filtrée : on neutralise avec HNO^3 au lieu de HCl, pour éviter la formation de AgCl résultant d'une faible attaque du creuset d'argent, et pour la même raison, on remplace KCl par KNO^3.

Nous réservons le cas de la présence de TiO^2, ZrO^2, à côté de la silice : une étude ultérieure précisera les conditions d'application de la méthode.

Remarque. — On devra déterminer dans un essai à blanc la silice renfermée dans le réactif d'attaque, KOH, comme il a été indiqué dans 2), de même que dans le chlorure de potassium utilisé; la correction déterminée avec précision n'entraîne aucune erreur sur le dosage.

4. Enfin cette méthode est surtout intéressante dans la recherche de SiO^2 à côté du fluor. Cette séparation est l'une des plus difficiles connues; les seules méthodes décrites dérivent de la méthode de Berzélius (1), plus ou moins modifiée.

α. Supposons d'abord le cas le plus simple, l'absence d'alumine. La solution *alcaline* est additionnée de CO^3Am^2 qui précipite la silice; d'après les recherches très complètes de Seemann (2), la précipitation de la silice est très incomplète en milieu alcalin; aussi est-elle suivie d'une précipitation par ZnO en solution ammoniacale; les résultats obtenus sont très acceptables, mais, comme ajoute l'auteur, « la méthode est incommode, et la silice précipitée avec ZnO doit être encore insolubilisée ».

Notre méthode fournit en une *seule* précipitation toute la silice; et si la proportion de fluorure est suffisante, il est inutile d'ajouter KF.

β. Par contre, *en présence d'alumine* la méthode Berzélius fournit des résultats inférieurs pour la silice; ce cas n'a pas été étudié par Seemann; nous avons pu démontrer que la silice précipitée, en même temps que l'alumine (sous forme vraisemblablement d'un silicoaluminate) retenait du fluor; il en résulte que dans l'inso-

---

(1) *Poggendorfs Ann.*, t. **1**, p. 169.

(2) *Zeit. für Analyt. Chem.*, t. **44**, 1905, p. 362.

lubilisation chlorhydrique qui suit, une partie de SiO^2 est volatilisée à l'état de SiF^4.

Cet inconvénient disparaît dans notre méthode. Enfin nous signalons son application à la recherche du quartz dans la fluorine : la méthode d'attaque habituelle, fusion avec du *quartz* et des carbonates alcalins, est évidemment inacceptable dans ce cas.

Nous décrirons dans un Mémoire ultérieur ces diverses applications.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La dibromoanthraquinone ayant servi à la synthèse de l'alizarine.* Note (¹) de M. **Grandmougin**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Au moment où l'industrie française vient de reprendre, à nouveau, la fabrication de l'alizarine synthétique, il n'est peut-être pas sans intérêt d'élucider un petit problème historique resté jusqu'à présent sans solution définitive.

Quelle est la constitution de la dibromoanthraquinone ayant servi à la synthèse historique de l'alizarine par MM. Graebe et Liebermann (*Ann. Spl.*, t. 7, 1870, p. 289)?

On sait que cette dibromoanthraquinone qui, par fusion alcaline, donne de l'alizarine a été obtenue en prenant comme point de départ le tétrabromure de dibromanthracène d'Anderson (*Ann. Chem.*, t. 122, p. 304). Celui-ci traité par la potasse alcoolique donne un tétrabrome-anthracène que l'on oxyde par le mélange chromique en dibromoanthraquinone.

Ce qui a compliqué sensiblement la recherche, c'est que les premiers auteurs n'ont pas indiqué le point de fusion de leur composé; le point de fusion indiqué par la suite par Perkin (*Soc.*, t. 37, p. 555) est par suite d'une erreur d'impression de 100° trop bas (174°-175° au lieu de 274°-275°) (²).

Quelques auteurs se sont déjà occupés de cette question; je signalerai en particulier les travaux d'un de mes anciens assistants, M. F. Kaufler, Privat-docent à l'École Polytechnique de Zurich qui avec différents collaborateurs (MM. Crinsoz, Imhoff) avait serré le problème d'assez près, sans être cependant arrivé à une conclusion certaine (*Ber.*, t. 37, 1904, p. 4709).

Au moment où, avec l'assistance de M. Sack, nous nous sommes appli-

(¹) Séance du 10 octobre 1921.

(²) La rectification du point de fusion se trouve faite dans le *Beilstein*, *Suppl.*, t. 3, p. 295, mais a échappé aux rédacteurs du *Memento du Chimiste* (4ᵉ édition, 1921).

qué à résoudre ce problème, celui-ci était déjà circonscrit en ce sens qu'il était à peu près certain que la dibromoanthraquinone historique était homonucléaire, c'est-à-dire qu'elle avait les deux atomes de brome dans le même noyau benzénique.

Le problème se réduisait donc à préparer les quatre dibromoanthraquinones homonucléaires : 1.2.; 1.3.; 2.3. et 1.4. en partant de dérivés à position certaine de façon à n'avoir aucun doute sur la constitution des produits obtenus. Il est juste d'ajouter que ces synthèses n'ont pu aboutir que grâce au développement considérable pris par la chimie de l'anthraquinone dans le cours de ces dernières années.

Disons de suite que c'est la 2.3-dibromoanthraquinone qui s'est trouvée être identique à la dibromoanthraquinone historique de Graebe et Liebermann.

Cette certitude résulte d'une comparaison minutieuse des deux produits : mêmes propriétés physiques et chimiques; le point de fusion est identique (283°) et ne subit aucune dépression par le mélange des deux produits d'origine différente.

Cette 2.3-dibromoanthraquinone donne par fusion potassique non pas de l'hystazarine à laquelle on aurait pu s'attendre, mais la fusion violette caractéristique de l'alizarine, qui fut, de plus, identifiée par ses réactions spectroscopiques.

Ce qu'il y a de particulier et qui mérite d'être souligné précisément, c'est le hasard qui a favorisé les premiers auteurs : la dibromoanthraquinone dont ils sont partis ne possédait pas la constitution correspondant à l'alizarine. Ce n'est que par une transposition que celle-ci a pu se former.

On sait, au surplus, que ce procédé de laboratoire a été remplacé, très rapidement, par le procédé qui prend la β-sulfoanthraquinone comme point de départ et qui sert encore actuellement pour la préparation industrielle de l'alizarine.

On peut enfin ajouter que la constitution maintenant établie de la β-dibromanthraquinone permet également d'attribuer une constitution à peu près certaine aux produits intermédiaires qui ont servi à sa préparation, et notamment au tétrabromure de dibromanthracène d'Anderson.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Utilisation possible des diagrammes de diffraction des rayons X pour la détermination complète de la structure du quartz.* Note [1] de M. Ch. Mauguin, présentée par M. Fréd. Wallerant.

Le mode d'arrangement des molécules de silice à l'intérieur des cristaux de quartz proposé par Bragg [2] pour interpréter les résultats de son étude de la *réflexion* des rayons X sur les principaux plans réticulaires du minéral peut se définir de la manière suivante, en utilisant les coordonnées hexagonales de Bravais à trois axes horizontaux *ou*, *ov*, *ow* et un axe vertical *oz*, et en représentant par les vecteurs $\vec{A}$, $\vec{B}$, $\vec{C}$, $\vec{D}$ parallèles à ces axes les paramètres cristallins absolus ($4,89.10^{-8}$ cm et $5,38.10^{-8}$ cm) :

Une première molécule SiO^2 a son atome de silicium sur *ou*, ses deux atomes d'oxygène placés de telle manière qu'une rotation de 180° autour de *ou* les substitue l'un à l'autre. Une deuxième et une troisième molécules se déduisent de la précédente par les rotations $\frac{2\pi}{3}$, $\frac{4\pi}{3}$ autour de *oz*, accompagnées des translations $\frac{1}{3}\vec{D}$, $\frac{2}{3}\vec{D}$. Ce groupe initial de trois molécules, *particule cristalline complexe*, par la translation $\vec{D}$ et ses multiples engendre une colonne verticale admettant *oz* comme axe ternaire hélicoïdal, coupé aux niveaux zéro, $\frac{1}{3}$D, $\frac{2}{3}$D, ... par des axes binaires successivement parallèles à *ou*, *ov*, *ow*, ... L'édifice cristallin du quartz est constitué par un ensemble de telles colonnes déduites de l'une d'entre elles par les translations $\vec{A}$, $\vec{B}$, $\vec{C}$ indéfiniment répétées.

On peut représenter les vecteurs qui joignent l'origine aux différents atomes de la particule $(SiO^2)_3$ par les formules suivantes (où $u+v+w=0$):

Pour Si,

$$x\vec{A}, \qquad x\vec{B}+\frac{1}{3}\vec{D}, \qquad x\vec{B}+\frac{2}{3}\vec{D}.$$

Pour O,

$$u\vec{A}+v\vec{B}+w\vec{C}+z\vec{D}, \qquad w\vec{A}+u\vec{B}+v\vec{C}+\left(z+\frac{1}{3}\right)\vec{D}, \qquad v\vec{A}+w\vec{B}+u\vec{C}+\left(z+\frac{2}{3}\right)\vec{D},$$

$$u\vec{A}+w\vec{B}+v\vec{C}-z\vec{D}, \qquad v\vec{A}+u\vec{B}+w\vec{C}+\left(-z+\frac{1}{3}\right)\vec{D}, \qquad w\vec{A}+v\vec{B}+u\vec{C}+\left(-z+\frac{2}{3}\right)\vec{D}.$$

---

(1) Séance du 17 octobre 1921.

(2) *X Rays and Crystal Structure*, 1918, p. 160 et suiv.

En combinant ces expressions avec la translation générale

$$h\vec{A} + k\vec{B} + l\vec{D}$$

(h, k, l entiers), on obtient les vecteurs aboutissant à tous les atomes du cristal.

Cette définition de la structure du quartz, conforme aux prévisions théoriques énoncées par L. Sohncke en 1878 (Systèmes 23 et 24, page 133, *Theorie der Krystallstruktur*) *n'est pas complète*, car elle laisse indéterminés les paramètres x, u, v, w, z.

J'ai cherché des renseignements complémentaires dans l'examen des radiogrammes obtenus selon la méthode primitive de Laue (diffraction d'un faisceau étroit de rayons X *transmis* au travers de lames d'orientations variées), déterminant les caractéristiques cristallographiques des plans réticulaires qui correspondent aux nombreuses taches (plusieurs centaines) des diagrammes, et notant les particularités que présentent leurs intensités relatives.

La règle énoncée par G. Friedel [1], d'après laquelle les cristaux, dans leur action sur les rayons X, se comportent toujours comme s'ils admettaient un centre de symétrie, se vérifie dans les moindres détails.

1. *Lame perpendiculaire à l'axe ternaire.* — Le radiogramme, qui semble sénaire au premier abord, n'admet qu'un axe L_3 et trois plans de symétrie (normaux aux axes L_2 du quartz). La symétrie ternaire est bien mise en évidence par l'opposition entre la forte intensité des taches diffractées par les faces des rhomboèdres $(30\bar{3}1)$, $(04\bar{4}1)$, $(05\bar{5}2)$ ou des scalénoèdres $(14\bar{5}1)$, $(32\bar{5}1)$ et l'intensité très faible des taches dues aux formes conjuguées $(03\bar{3}1)$, $(40\bar{4}1)$, $(41\bar{5}1)$; les taches $(50\bar{5}2)$, $(23\bar{5}1)$ *manquent complètement* (même après deux heures de pose, l'incidence étant telle que les radiations correspondant à ces taches soient dans la bande d'absorption sélective de l'argent, où la plaque photographique a la sensibilité maxima).

2. *Lame perpendiculaire à un axe binaire.* — L'axe binaire normal à la lame est l'unique élément de symétrie du diagramme ainsi qu'il résulte de la comparaison des taches d'intensité moyenne ou forte dues aux scalénoèdres $(21\bar{3}5)$, $(12\bar{3}4)$, $(23\bar{5}5)$, $(32\bar{5}4)$, $(32\bar{5}1)$, $(14\bar{5}1)$ et des taches conjuguées $(12\bar{3}5)$, ... toutes très faibles; les taches correspondant *au scalénoèdre* $(23\bar{5}1)$ *manquent comme dans le cas précédent.*

---

[1] *Comptes rendus*, t. **157**, 1913, p. 1533. Voir aussi Laue, *Annalen der Physik*, t. 50, 1916, p. 433. — Haga et Jæger, *Akademie Amsterdam*, 1915, p. 546.

3. *Lames parallèles aux faces de la pyramide qui termine les cristaux de quartz.* — Les diagrammes admettent un plan de symétrie unique (normal à un axe L_2 du quartz). Les lames parallèles à deux faces adjacentes p et $e^{\frac{1}{2}}$, que les minéralogistes différencient par les figures de corrosion, donnent des diagrammes qui, bien que très analogues, se distinguent de suite : alors que $(30\bar{3}1)$, $(23\bar{5}2)$, $(14\bar{5}1)$, $(32\bar{5}4)$ sont des taches intenses sur le cliché p, les taches conjuguées $(03\bar{3}1)$..., qui occupent des positions correspondantes sur le cliché $e^{\frac{1}{2}}$, sont extrêmement faibles.

Il y a lieu de noter *l'absence complète des taches* $(23\bar{5}1)$ *et* $(50\bar{5}2)$ *sur le cliché* p $\left[(32\bar{5}1)\right.$ et $(05\bar{5}2)$ sont intenses sur le cliché $\left.e^{\frac{1}{2}}\right]$ confirmant les résultats obtenus avec les lames 1 et 2.

Conséquences au point de vue de la structure. — Le calcul indique que l'amplitude de la vibration diffractée par le plan $(pqrs)$ est proportionnelle au module de l'expression

$$14\begin{bmatrix} e^{i2\pi px} \\ +e^{i2\pi\left(qx+\frac{s}{3}\right)} \\ +e^{i2\pi\left(rx+\frac{2s}{3}\right)} \end{bmatrix} + 8\begin{bmatrix} e^{i2\pi(pu+qv+rw+sz)} & +e^{i2\pi(pu+rv+qw-sz)} \\ +e^{i2\pi\left(qu+rv+pw+sz+\frac{s}{3}\right)} & +e^{i2\pi\left(qu+pv+rw-sz+\frac{s}{2}\right)} \\ +e^{i2\pi\left(ru+pv+qw+sz+\frac{2s}{3}\right)} & +e^{i2\pi\left(ru+qv+pw-sz+\frac{2s}{3}\right)} \end{bmatrix},$$

où les deux parenthèses correspondent aux ondes élémentaires fournies respectivement par les atomes Si et les atomes O (on a admis que l'amplitude de l'onde diffractée par chaque atome est proportionnelle au nombre atomique, 14 pour Si, 8 pour O).

Pour le plan $(05\bar{5}2)$ par exemple, l'amplitude diffractée est

$$\begin{aligned} & 14\left[1+2\cos 2\pi\left(5x+\frac{1}{3}\right)\right] \\ & +16\left[\cos 2\pi(5v-5w-2z)+\cos 2\pi\left(5u-5v-2z+\frac{1}{3}\right)\right. \\ & \qquad\qquad \left.+\cos 2\pi\left(5w-5u-2z+\frac{2}{3}\right)\right]. \end{aligned}$$

On a vu plus haut que cette amplitude est nulle ; ce qui fournit une relation entre x, u, v, w, z. En exprimant de même que l'amplitude est nulle ou très faible pour les vibrations diffractées par $(23\bar{5}1)$, $(03\bar{3}1)$, ..., on trouve d'autres relations auxquelles les paramètres doivent satisfaire. C'est en étudiant ces équations qu'on peut espérer trouver la valeur des paramètres et résoudre complètement le problème de la structure du quartz.

GÉOPHYSIQUE. — *Recherches expérimentales sur des relations entre les phénomènes électriques terrestres, l'état de l'atmosphère et les foyers solaires.* Note de M. **Albert Nodon**, présentée par M. Bigourdan.

Nous avons entrepris une étude simultanée des courants telluriques, de la conduction tellurique, des variations de la charge dans un électromètre clos, de la composante magnétique horizontale, des troubles visibles sur la surface solaire, ainsi que les relations de ces phénomènes avec l'état de l'atmosphère.

Le dispositif adopté dans ces recherches fut le suivant :

Deux lignes conductrices isolées, furent tendues au-dessus d'une prairie, suivant les directions NS et EO, sur des longueurs respectives de 100^{m}. Deux autres lignes furent posées, près des précédentes, dans les directions SO-NE et SE-NO sur des longueurs respectives de 50^{m}. Les extrémités de ces lignes furent reliées à des plaques en zinc de 15^{dm^2} de surface, enfouies dans un sol humide. Ces lignes aboutissaient à une chambre d'observation renfermant des instruments de mesure.

L'étude des *courants telluriques* circulant dans les divers azimuts fut faite à l'aide d'un *galvanomètre* apériodique de Chauvin et Arnoux, décelant des courants d'une intensité de $0^{amp},0002$.

La mesure de la *conduction tellurique* dans les divers azimuts, fut faite au moyen du même instrument, dont la résistivité était connue, et d'un élément Leclanché. D'autres mesures furent entreprises à l'aide d'un *électromètre* à feuille d'aluminium chargé à potentiel constant au moyen d'une pile sèche à colonne de 1000 volts enfermée, ainsi que l'instrument, dans une caisse close en zinc. Les déviations de la feuille métallique furent mesurées à l'aide d'un microscope à échelle micrométrique.

L'instrument, placé dans une pièce close, était mis à l'abri de toute influence électrique extérieure, par sa cage métallique. Il accusait cependant des variations considérables de charge souvent importantes, qui ne pouvaient être provoquées que par des radiations extérieures extrêmement pénétrantes, des ultraradiations, comparables aux rayons γ. Ces *ultraradiations*, après avoir traversé les parois du bâtiment ainsi que la caisse métallique, provoquaient une ionisation à l'intérieur de l'instrument, traduisant leur présence par la décharge de l'électromètre.

Ces ultraradiations, d'origine inconnue, paraissent devoir se rattacher à l'action solaire.

Les variations de la composante horizontale du *magnétisme terrestre* furent mesurées à l'aide d'un magnétomètre très sensible. Cet instrument était composé d'un équipage aimanté, d'un poids très faible, suspendu à un ruban métallique extrêmement mince, dont la torsion permettait d'orienter l'équipage dans une direction perpendiculaire à celle du méridien magnétique.

L'un des magnétomètres portait une longue aiguille indicatrice en aluminium, l'autre instrument était muni d'un petit miroir mobile réfléchissant une image lumineuse sur une échelle graduée placée à 5^m de distance.

Enfin l'étude de la *surface solaire* était faite avec une petite *lunette* astronomique, dont l'oculaire était recouvert d'une bonnette en verre noir.

Les principaux résultats observés furent les suivants :

Pendant les périodes d'agitation solaire, lors des formations ou des disparitions rapides de foyers solaires, on observa des troubles électriques et magnétiques dans l'atmosphère et dans le sol.

L'électromètre accusait alors de brusques variations de charge et le magnétomètre des changements rapides dans la composante horizontale; le galvanomètre décelait des variations rapides et souvent importantes dans l'intensité et dans la direction des courants telluriques, principalement dans les directions NS et SO, ainsi que des variations dans la conduction tellurique.

Les fortes perturbations telluriques étaient accompagnées de modifications dans la direction même des courants NS et SE. Les courants EO ne subissent pas de changements de direction, leurs variations sont moins accusées que celles des courants NS, elles ont généralement lieu en sens contraire de celles de ces derniers. La direction des courants EO et SO est invariable, celle des courants NS et SE subit des inversions soumises à l'état du Soleil et de l'atmosphère. Pendant les périodes de calme, les directions sont SN et SO-NE. Pendant les périodes d'agitation, les directions des courants sont inversées.

La conduction terrestre subit des variations incessantes, principalement dans la direction NS. Ces variations correspondent à celles des ultraradiations. Une émission plus intense des ultraradiations concorde avec un accroissement de la conduction tellurique et de l'intensité des courants. On constate, d'une façon générale, que le magnétisme, les ultraradiations, les courants telluriques et la conduction tellurique varient dans le même sens. Ces variations sont faibles pendant les périodes de calme; elles sont rapides, incoordonnées et importantes pendant les périodes de troubles. Ces variations sont généralement *inverses* de celles des foyers solaires.

Nous avons fait, à ce sujet, une étude des divers phénomènes précédents pendant une période d'activité solaire, comprise du 16 au 25 septembre 1921, qui fut caractérisée par la présence d'un gros foyer calme qui passa au voisinage du méridien central du 17 au 19 septembre. Ce foyer subit des variations du 21 au 22, puis il disparut au Nord-Ouest le 23. D'autres foyers se formèrent le 24.

Il résulte de l'examen des graphiques, tracés d'après les indications des mesures, que l'ensemble des phénomènes terrestres affecte une allure générale identique à celle des foyers solaires, mais de signe contraire.

Le magnétisme, les ultraradiations, les courants telluriques NS et SO, ainsi que la conduction terrestre diminuèrent du 17 au 19, lorsque le foyer passa au voisinage du méridien central; ainsi que du 21 au 22, lors d'une variation de l'activité de ce foyer. Les phénomènes précédents subirent, au contraire, un accroissement du 20 au 21, puis du 22 au 23, pendant deux périodes de diminution et de départ de foyers.

Ces graphiques permettent en outre d'observer que les périodes d'activité électrique correspondent aux troubles ds l'atmosphère; tandis que les périodes de calme électrique correspondent aux périodes de beau temps.

Résumé. — Les résultats précédents laissent pressentir de nouvelles relations importantes entre l'action solaire, les phénomènes électriques et l'état de l'atmosphère terrestre, susceptibles d'intéresser la physique du globe, la météorologie et de contribuer à la prévision du temps.

Les effets d'ionisation observés dans l'atmosphère et dans la terre, sous l'action de radiations ultrapénétrantes paraissent également susceptibles de présenter un intérêt dans l'étude des transmissions par ondes hertziennes.

Enfin les observations sur les courants telluriques paraissent devoir être intéressantes en agriculture par leur action possible sur les racines et la croissance des plantes.

BOTANIQUE. — *Sur le rétablissement du Genre* Chlorocrepis *dans la tribu des Composées-Chicoracées.* Note de Mlle **Marcelle Guéraud**, présentée par M. Guignard.

Le genre *Chlorocrepis*, créé par Grisebach (*Comm. Gen. Hierac.*, p. 75, 1852), est représenté en Europe par une seule espèce, le *C. staticefolia* Grisob. Cette plante est rangée par Schultz dans le genre *Tolpis* sous le nom de *T. staticefolia* (Schultz Bip. *in Bonplandia*, 1861). Villars en faisait auparavant le *Hieracium staticefolium*, et aujourd'hui presque tous les botanistes la placent dans le genre *Hieracium*, au sein duquel, à cause de ses caractères spéciaux, elle constitue le type du sous-genre *Stenotheca* de Fries, dont les quelques autres espèces sont américaines. Le genre *Hieracium* est divisé, à la suite de Fries, en trois sous-genres : *Stenotheca*, *Pilosella*, *Archieracium ;* le genre monotype *Chlorocrepis* n'existe donc plus.

Les vicissitudes subies par l'espèce de Villars montrent combien l'analyse

des seuls caractères morphologiques externes est impuissante, dans ce cas particulier, à établir une certitude taxonomique.

Dans le genre *Hieracium*, le plus critique des genres, où les espèces ne paraissent pas encore fixées et, pour beaucoup de botanistes, évoluent encore, le *H. staticifolium* est invariable. Ce fait paraît unique dans le genre, en tout cas il est rarissime et semble nous faire prévoir qu'une étude plus approfondie de cette espèce pourrait nous révéler des caractères nouveaux capables de nous renseigner sur sa véritable valeur au point de vue de la classification. Nous trouvons, en effet, ces faits nouveaux dans l'étude morphologique interne de la racine, du rhizome et de la tige de cette espèce, et dans la comparaison de la structure de ces organes avec celle des mêmes organes dans les *Hieracium* en général.

Voici, d'une manière succincte, et seulement parmi les principaux, les caractères morphologiques internes du *H. staticifolium* et des *Hieracium* en général, dont j'ai étudié un assez grand nombre d'espèces appartenant aux divers nombreux groupes des deux sous-genres *Pilosella* et *Archieracium*.

1° Chez les *Hieracium*, la racine primaire présente un cercle de 3 à 6 faisceaux libériens et ligneux, alternant entre eux autour d'une moelle centrale. Dans la racine secondaire, des faisceaux libéroligneux bien individualisés et massifs viennent s'intercaler entre les faisceaux ligneux primaires. L'écorce présente pendant longtemps deux zones bien différenciées.

Dans le *H. staticifolium*, la racine primaire est à deux faisceaux libériens et ligneux; ces derniers confluent en une bande ligneuse diamétrale et il n'y a pas de moelle; dans la racine secondaire, deux faisceaux libéroligneux viennent se superposer aux faisceaux libériens primaires; ces faisceaux larges, en forme d'éventail, sont constitués par de longues files libéroligneuses rayonnantes. Écorce toujours homogène.

2° Dans les *Hieracium*, le rhizome adulte possède un appareil libéroligneux annulaire parfois divisé en secteurs correspondant aux faisceaux primitifs. Liber secondaire peu développé.

Dans le *H. staticifolium* le rhizome a le même aspect général que la racine secondaire de la même espèce, mais avec une moelle, et les bandes libéroligneuses correspondent à peu près aux files ligneuses primitives.

3° Dans les *Hieracium* la tige présente un cercle de faisceaux libéroligneux de dimensions différentes. Entre de gros faisceaux, qui impriment leur forme au cylindre central en faisant saillie sous l'endoderme, se trouvent des faisceaux plus petits qui restent çà et là purement libériens.

Le gros faisceau ligneux, à section triangulaire, est formé de faisceaux disposés en files à partir du pôle.

Le *H. staticifolium* présente également un cercle de faisceaux libéroligneux de dimensions différentes, ce qui est le cas, d'ailleurs, de beaucoup de Chicoracées. Mais les gros faisceaux ne dessinent pas de feston endodermique, ils sont en forme de crois-

sant et parfois le péricycle massif pénètre assez profondément dans la concavité libérienne, alors que dans les *Hieracium* il forme toujours un arc autour du liber.

Le *Hieracium* qui ressemble le plus au *H. staticifolium* est le *H. glaucum* All. Or, cette dernière espèce se rattache absolument, au point de vue morphologique interne, aux *Hieracium* en général et ne ressemble pas au *H. staticifolium*.

La structure du *H. staticifolium* diffère, au premier coup d'œil, de celle des *Hieracium* en général, autant qu'en diffèrent les *Crepis* et les *Mulgedium*, genres voisins des *Hieracium*.

Les caractères tirés de la structure interne du *H. staticifolium* Vill. militent donc en faveur de la conservation, pour cette espèce, du genre *Chlorocrepis*, créé par Grisebach.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Boragacées. Les premiers termes du développement de l'embryon chez le* Myosotis hispida *Schlecht.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

L'embryon du *Myosotis hispida* constitue un nouveau type du développement qui se distingue nettement de tous ceux qui ont été étudiés jusqu'ici. Il permet, en outre, d'assister à la différenciation, au sommet du proembryon, dès le stade octocellulaire, d'une cellule qui se comporte comme cellule-mère du cône végétatif de la tige.

La cellule apicale (*ca*, *fig.* 1 et 2), puis la cellule (*cb*) du proembryon bicellulaire se segmentent transversalement et donnent naissance à une tétrade de quatre éléments superposés, *l*, *l'*, *m*, *ci* (*fig.* 3). C'est l'élément *l* qui se divise ensuite le premier (*fig.* 4) par une cloison oblique séparant deux cellules d'aspect très différent *a* et *b*; l'élément *l'* se segmente ensuite par une paroi verticale méridienne pour donner deux cellules juxtaposées (*fig.* 5 et 6). Pendant ce temps, les deux éléments inférieurs, *m* et *ci*, demeurent indivis. Les cinèses qui apparaissent aux stades suivants dans les cellules *a* et *b* sont nettement rectangulaires; elles sont suivies d'une cloison verticale méridienne dans *b*, oblique et normale à la précédente dans *a* (*fig.* 7, 8, 9).

Les quatre noyaux issus de ces deux divisions viennent occuper les quatre sommets d'un tétraèdre s'appuyant par l'une de ses faces sur la paroi horizontale de séparation des deux étages *l* et *l'*. Au sommet du proembryon se trouve placée une cellule (*e*, *fig.* 9 à 15), toujours très distincte, dont le rôle histogénique est bien défini : c'est cette cellule qui donnera naissance au cône végétatif de la tige ou épicotyle. L'individualisation de cette cellule au sommet du proembryon rappelle, à beaucoup d'égards, la différenciation de la cellule hypophysaire à la base de l'embryon proprement dit : les deux éléments se segmentent selon des règles comparables et engendrent, à l'inté-

rieur d'un épiderme, simple dans le premier cas, composé dans le second, les initiales de l'écorce aux deux pôles embryonnaires. Rien ne s'oppose à ce qu'on appelle *épiphyse* le premier de ces éléments et les tissus qui en dérivent, si l'on veut se servir, pour désigner le second, du terme d'*hypophyse* qui conserve, dans le cas actuel, le sens qui lui a été donné lors des premières recherches embryogéniques.

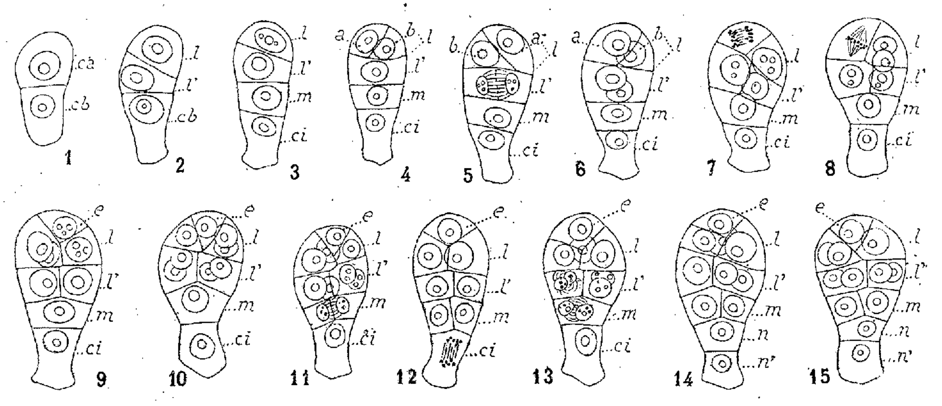


Fig. 1 à 15. *Myosotis hispida* Schlecht. — Formation du proembryon dodécacellulaire : *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *l* et *l'*, cellules-filles de *ca* ou les deux étages supérieurs du proembryon; *m*, cellule-fille supérieure de *cb* ou étage moyen du proembryon; *ci*, cellule-fille inférieure de *cb*; *a* et *b*, cellules-filles de *l*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci* ou étages inférieurs du proembryon; *e*, épiphyse ou cellule-mère du cône végétatif de la tige. G. = 420.

Les deux cellules de l'étage *l'* se segmentent verticalement et donnent quatre cellules circumaxiales (*fig.* 6 à 15). L'élément *m* se divise par une paroi méridienne pour donner deux cellules juxtaposées (*fig.* 11 à 15); peu après, la cellule inférieure, *ci*, se sépare, par une cloison horizontale, en deux éléments superposés *n* et *n'* (*fig.* 13 à 15).

Au terme de ces divisions, le proembryon se trouve composé de douze cellules distinctement réparties en cinq étages, *l*, *l'*, *m*, *n* et *n'*. Comme on le verra ultérieurement, l'étage *l* donne naissance à la partie cotylée, l'étage *l'* à la moitié supérieure, et l'étage *m* à la moitié inférieure de l'axe hypocotylé; aux dépens de *n* se différencie l'hypophyse et, aux dépens de *n'*, le suspenseur.

Les formules du développement, résumant, jusqu'à la quatrième génération, l'origine, la disposition et les destinées des éléments proembryonnaires peuvent ainsi être établies [1] :

---

(1) On pourra comparer ces formules à celles qui ont déjà été données au sujet de l'*Urtica pilulifera* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1010) et au sujet du *Mentha viridis* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1057).

I. — *Première génération.*

Proembryon à deux cellules disposées en deux étages :			
	ca	qui engendre	$pco + pvt + \frac{1}{2} phy$
	cb	»	$\frac{1}{2} phy + icc + iec + co + s$

II. — *Deuxième génération.*

Proembryon à quatre cellules disposées en quatre étages :			
	l	qui engendre	$pco + pvt$
	l'	»	$\frac{1}{2} phy$
	m	»	$\frac{1}{2} phy + icc$
	ci	»	$iec + co + s$

III. — *Troisième génération.*

Proembryon à six cellules disposées en quatre étages : Ces quatre étages sont ceux que l'on observe à la deuxième génération ; leurs destinées sont les mêmes.

IV. — *Quatrième génération.*

Proembryon à douze cellules disposées en cinq étages :			
	l	qui engendre	$pco + pvt$
	l'	»	$\frac{1}{2} phy$
	m	»	$\frac{1}{2} phy + icc$
	n	»	$iec + co$
	n'	»	s

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Phytogéographie génétique des dunes du golfe du Lion.* Note de M. **G. Kühnholtz-Lordat**, présentée par M. Guignard.

Dans une première Note (¹), nous avons établi la part qui revient aux végétaux dans l'édification des dunes méditerranéennes françaises et nous avons fait ressortir que les conceptions de M. Astre (²) ne paraissaient pas applicables aux rivages du golfe du Lion.

(¹) G. Kühnholtz-Lordat, *Phytogéographie dynamique des dunes du golfe du Lion* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 865).

(²) Gast. Astre, *Sur la biologie des Mollusques dans les dunes maritimes françaises et ses rapports avec la géographie botanique* (*Thèse pour le doctorat de*

Ce point de vue purement dynamique doit être complété par l'étude des associations végétales et de leur succession. A chacun des stades de l'évolution des dunes, tels que nous les avons décrits, correspond en effet une population végétale qui varie en raison même des conditions diverses du milieu.

Les associations psammophiles du golfe du Lion trouvent leurs conditions optima de développement en Camargue sur les lidos successifs, et c'est de la comparaison de ces associations d'âges divers que l'on peut le plus utilement tirer des conclusions d'ordre génétique.

Si, au point de vue dynamique, l'*Ammophila arenaria* Link nous apparaît comme l'agent édificateur de dunes le plus puissant, nous devons néanmoins rattacher à son type d'organisation offensive l'*Agropyrum junceum P. B.* qui, dans des conditions assez exceptionnelles (plage large, à l'abri des incursions marines) et avec une « puissance édificatrice » moindre, constitue un important élément de conquête des plages maritimes.

Aux dunes basses d'un tel *Agropyretum*, extrêmement pauvre en espèces, succèdent les dunes hautes à *Ammophila*. Autour de l'Oyat gravitent alors les nombreuses espèces dont l'ensemble réalise une association nouvelle ou *Ammophiletum* qui correspond surtout au stade d'édification.

Mais nous avons établi combien était précaire la conservation des dunes : elle est fonction de l'emprise d'une flore spéciale qui n'a plus de puissance édificatrice et dont le *Crucianella maritima* L représente aux points de vue sociologique et génétique [1] l'espèce de premier plan. Le *Crucianelletum* apparaît comme le symptôme floristique précurseur de la dégénérescence des dunes : il prélude au « chaos caoudeyrisé » et se maintient ou se transforme suivant le mode d'action des agents destructeurs.

La disparition progressive des espèces les plus fidèles de l'*Ammophiletum* et du *Orucianelletum* constitue le fait saillant de l'évolution organique des dunes lorsque, par la formation de lidos nouveaux, elles cessent d'être proches de la mer. C'est ainsi qu'en Camargue de très rares pieds d'*Ammophila* existent encore sur le lido intermédiaire de Jarras (2^{km},5 de la mer), et que l'espèce disparaît totalement sur le lido le plus ancien de Montcalm (14^{km} de la mer). A cet appauvrissement de la flore maritime correspond la

---

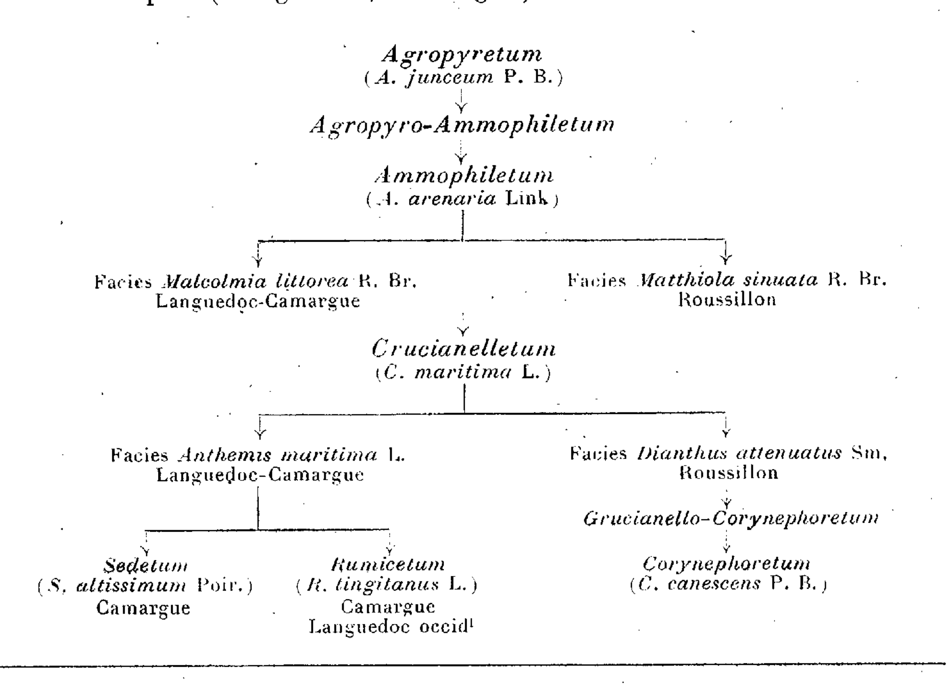
l'Université, Toulouse, 1920); *Contribution à l'étude de la répartition des zones biologiques sur les dunes méditerranéennes du golfe du Lion* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1120).

[1] *Valenz* de l'École Suisse.

pénétration d'espèces plus continentales parmi lesquelles le *Sedum altissimum* Poir. pour les dunes boisées et le *Rumex tingitanus* L. pour les dunes non boisées, caractérisent les stades floristiques les plus évolués de nos dunes méditerranéennes.

En dehors du delta rhodanien l'ensemble de la flore des dunes peut être rapporté, au point de vue génétique, à l'une ou l'autre des associations de Camargue. Mais les conditions de milieu ne sont plus celles qui président à l'évolution d'un delta; et, dans l'ordre physico-chimique, le sol peut présenter des différences notables avec les limons fins du Rhône. C'est ainsi que les plages à graviers moins calcaires du Roussillon impriment à la succession une allure floristique sensiblement différente de celle qu'elle a en Camargue et dans le Languedoc, à partir de l'*Ammophiletum*.

Ces modalités dans la composition de la flore se traduisent tantôt par de simples *facies* (¹), tantôt par des séries différentes d'associations. Le Tableau qui suit fait ressortir la correspondance des facies et le parallélisme des successions dans le Roussillon d'une part, et sur le reste de notre territoire d'autre part (Languedoc, Camargue).



(¹) Au sens floristique et non physionomique.

CHIMIE AGRICOLE. — *Influence de la température sur les propriétés absorbantes des sols.* Note de M. **Stoquer**, présentée par M. Schlœsing.

Les sols agricoles subissent des variations de température importantes. La différence entre les températures mensuelles moyennes d'un même sol en juillet et en janvier a été trouvée de 24°,4 à la surface et de 19°,3 à $0^{m},25$ de profondeur aux environs de Paris (Flammarion). Gasparin a trouvé une différence de 39° à Orange. Il n'est pas inutile de rechercher si de telles variations influent sur le pouvoir qu'ont les sols agricoles de fixer certains principes fertilisants. J'ai fait choix de quatre terres différant par leur composition, et j'ai étudié leurs propriétés absorbantes vis-à-vis du sulfate d'ammoniac à 0°, 16°, 35° et 55°.

La marche d'une expérience a été la suivante : on introduit dans un flacon un poids de terre correspondant à 100^{g} de terre sèche avec un volume total de 250^{cm^3} d'une solution très diluée de sulfate d'ammoniaque. Le flacon, maintenu dans un bain à température constante, est agité vivement au début, puis toutes les 15 minutes pendant 1 heure. Dans de telles conditions l'équilibre de répartition de l'ammoniac entre l'eau et la terre s'établit, comme on sait, très rapidement. Pour obtenir la clarification de la solution, on abandonne les flacons au repos pendant 3 heures, dans le bain, toujours à la même température. Sur une portion de liqueur claire qu'on décante, on dose l'ammoniac restant par distillation en présence de magnésie. Du résultat trouvé, on déduit la quantité d'ammoniac fixée par la terre.

Afin d'avoir des résultats aussi comparables que possible, on s'est attaché avec le plus grand soin à rendre identiques toutes les conditions pouvant influer sur le titre final; la majeure partie des expériences ont été faites en double.

On s'est également attaché à mettre en œuvre des quantités de sulfate d'ammoniaque de l'ordre de grandeur de celles qui peuvent se rencontrer dans des sols ayant reçu ce sel comme engrais. Le titre des solutions employées était lui-même comparable, dans une certaine mesure, à celui des dissolutions qui peuvent se former dans de tels sols. Si l'on suppose qu'il y a dans un hectare 3000 tonnes de terre active et qu'on emploie 100^{kg} d'engrais à l'hectare, il y aura, en supposant la répartition uniforme, $0^{g},033$ d'engrais pour 1^{kg} de terre. Admettons en outre que la dissolution du sel soit complète et que le taux d'humidité du sol soit de 15 pour 100 par exemple, la dissolution qui se formera aura un titre de 0,22 pour 1000. En réalité, par suite des variations importantes de l'humidité, de l'inégalité de répartition des engrais, des quantités d'ammoniac préexistantes, on trouvera dans le sol des solutions dont la concentration sera tantôt plus grande et tantôt beaucoup plus faible que celle qui vient d'être indiquée. Ces considérations m'ont conduit à employer, avec chacune des quatre terres ayant servi aux essais, des solutions dont les titres étaient de 0,02, 0,08 et 0,40

pour 1000, en sulfate d'ammoniaque (correspondant à 0g,050, 0g,080 et 1g de sel par kilogramme de terre).

Dans une quatrième série d'expériences, la solution saline a été remplacée par un égal volume d'eau distillée, dont l'emploi a paru intéressant, étant donné que les sols qui viennent d'être arrosés par la pluie sont en contact avec de l'eau pure.

L'ensemble des résultats obtenus figure dans le Tableau ci-après.

	NH^3 (en mg) absorbé par kg de terre sèche [ou cédé (signe —) par la terre à l'eau].			
	0°.	16°.	35°.	55°.
Terre de Joinville.				
Eau distillée	— 3	— 4	— 4,5	— 6,7
Solution à 0,02 pour 1000...	5,5	4,5	2,5	0
» à 0,08 » ...	28,5	25,5	22,0	21
» à 0,40 » ...	134,0	121,5	108,5	96,5
Terre de Fourqueux.				
Eau distillée	— 7	— 8	—11	—14
Solution à 0,02 pour 1000...	3,5	3	0	— 1,5
» à 0,08 » ...	34,5	33	28	24
» à 0,40 » ...	186	175	163,5	152,5
Terre de Neauphle.				
Eau distillée	—14	—19	—23,5	—27,5
Solution à 0,02 pour 1000...	4,5	— 5,5	—10	—15
» à 0,08 » ...	27,5	24,5	17	6,5
» à 0,40 » ...	168	158,5	143,5	131,5
Terreau de jardinier.				
Eau distillée	—13,5	—14,5	—21	—24
Solution à 0,02 pour 1000...	— 8,5	—10,5	—15	—21,5
» à 0,08 » ...	10,5	5,5	1,5	— 5
» à 0,40 » ...	106,5	97,0	80,5	67,5

De l'examen de ce Tableau on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Le pouvoir absorbant a toujours augmenté avec la concentration des liqueurs, confirmation d'un fait bien connu.

2° Dans les conditions des expériences, le pouvoir absorbant a été parfois négatif (c'est-à-dire que la terre a cédé de l'ammoniac au liquide). Il est passé par zéro (c'est-à-dire que les solutions employées se sont trouvées en équilibre sous le rapport du titre en ammoniac avec les terres données) pour les trois premières terres avec la solution à 0,02 pour 1000 et, pour

la quatrième, avec la solution à 0,08 pour 1000, entre les limites de températures étudiées.

3° Toutes les terres ont cédé de l'ammoniac à l'eau distillée, ce à quoi on devait s'attendre, et toutes en ont cédé d'autant plus que la température a été plus élevée.

4° D'une manière constante, le pouvoir absorbant des terres vis-à-vis du sulfate d'ammoniaque a diminué lorsque la température s'est élevée.

5° A des températures qui se rencontrent aisément dans les sols, certaines terres peuvent abandonner de l'ammoniac à des solutions à 0,02 pour 1000 et davantage, qui ne sont pas d'une extrême pauvreté en ammoniac et peuvent se présenter dans des sols ayant reçu des engrais ammoniacaux. L'entraînement de l'ammoniac des sols par les eaux pluviales qui les traversent n'est donc peut-être pas, dans certaines circonstances, aussi réduit qu'on le pense d'ordinaire, sans même que cet ammoniac ait été transformé en nitrate.

De plus en plus, on tend à penser que les dissolutions du sol exercent, malgré leur faible teneur en principes fertilisants, une influence capitale sur la nutrition végétale. Ces dissolutions, d'après ce qui précède, sont plus riches en ammoniac aux époques les plus chaudes, et justement alors la végétation présente une plus grande activité; il est peut-être permis de penser qu'il y a une relation entre ces deux faits.

ENTOMOLOGIE. — *Sur la biologie d'un Chalcidien.*
Note (¹) de M. **Jean-L. Lichtenstein**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

J'ai observé, il y a deux ans, à Montpellier, l'évolution d'un Chalcidien inédit que je désigne sous le nom d'*Habrocytus cionicida* n. sp., parasite des coques contenant les larves et nymphes d'un Curculionide, le *Cionus thapsi*. J'en ai obtenu en septembre, de coques de Ciones, un grand nombre d'adultes des deux sexes.

La copulation est très rapide, avec préliminaires assez prolongés. La femelle fécondée ne s'attaque jamais aux larves libres. Elle grimpe sur une coque, l'explore des antennes, puis au bout d'un temps plus ou moins long, se dressant sur ses pattes, recourbe l'abdomen et, faisant saillir sa tarière, perfore la membrane du cocon. La larve attaquée à l'intérieur de sa coque

(¹) Séance du 17 octobre 1921.

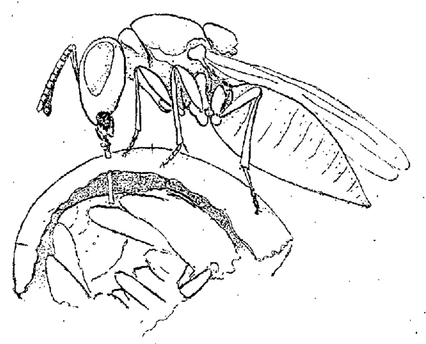
réagit par des mouvements, mais à la suite des piqûres, la tarière s'enfonçant à plusieurs reprises dans ses téguments, elle finit par s'immobiliser. Puis *Habrocytus* retire sa tarière des téguments de l'hôte et dépose un œuf en un point quelconque à la surface de celui-ci. Généralement, il n'est pondu qu'un œuf sur une même larve. De cet œuf, au bout de deux ou trois jours, sort une petite larve qui se met à sucer activement les sucs de la victime et grossit rapidement; elle se déplace sur les téguments de la larve ou de la nymphe du Cione, qui se flétrit et devient noirâtre. Après sept à huit jours de ce régime, le parasite quitte sa proie, vide son tube digestif, puis s'immobilise dans la coque et se métamorphose en nymphe deux jours après. L'imago apparaît au bout d'une quinzaine, perfore la coque au moyen de ses mandibules et vient à l'air libre.

Je désire, dans cette Note, insister particulièrement sur un point de la biologie d'*Habrocytus cionicida*, constituant un phénomène des plus remarquables et qui n'a, je crois, jamais été observé jusqu'ici; il s'agit de la façon dont ce Chalcidien se procure de la nourriture. J'ai constaté, en effet, que la perforation de la coque de l'hôte au moyen de la tarière n'avait pas pour unique conséquence le dépôt d'un œuf.

Les femelles vierges percent également les coques pour se nourrir du suc s'écoulant par l'orifice. Quant à celles qui sont fécondées, elles ne pondent jamais sans faire précéder cet acte d'une prise d'aliments aux dépens de l'hôte par perforation de la coque et succion de l'orifice. Ce phénomène a déjà été signalé par plusieurs auteurs chez d'autres espèces : Silvestri, Marchal, Roubaud, etc. ont décrit le comportement d'Hyménoptères perforant des chrysalides ou des œufs pour se nourrir ensuite des sucs qui s'en écoulaient. Mais dans les cas cités il s'agit de victimes chez lesquelles une piqûre détermine immédiatement la sortie d'une gouttelette liquide. Chez le Cione au contraire, la larve occupe un espace restreint par rapport au volume de la coque et n'est pas appliquée contre ses parois; il est donc impossible que le sang de la larve blessée puisse jaillir au dehors. Comment donc le parasite peut-il sucer utilement l'orifice de la coque et y amener le liquide nutritif? Il use pour cela d'un procédé des plus curieux.

J'ai pu l'étudier sur une coque contenant une nymphe de Cione, où j'avais établi une fenêtre. La femelle d'*Habrocytus* commence la percée; la tarière passe au bout d'un moment. Puis la bête darde la nymphe de coups, enfonçant profondément son dard dans le corps à plusieurs reprises. Retirant alors un peu la tarière qui demeure à peine enfoncée dans la nymphe, elle reste dans cet état, immobile, un très long temps (environ une demi-heure),

durant lequel un liquide sécrété s'écoule le long de la tarière l'entourant comme d'une gaine, en se solidifiant. Et lorsque la femelle retire sa tarière, ce liquide coagulé forme un tube très fin, blanchâtre, partant du trou de la nymphe et venant traverser l'orifice de la coque pour ressortir en une courte cheminée externe. C'est par cette cheminée que l'animal, se reculant et y appliquant la bouche, pompe les sucs de la victime qui montent jusqu'au dehors, à l'intérieur de ce petit tube capillaire. La figure représente l'*Habrocytus* juché sur la coque (dessinée en partie seulement) en train de



Habrocytus cionicida n. sp. suçant une nymphe de *Cionus thapsi* au moyen du tube qu'il vient de construire.

sucer le liquide s'écoulant par l'ouverture du tube. Après s'être bien sustentée, la femelle repique à nouveau en un autre endroit, pour, cette fois, pondre son œuf. Le tube se dessèche quelques instants après.

Roubaud a bien noté la nécessité de cette alimentation aux dépens de l'hôte, précédant la ponte, et effectuée par des procédés analogues : perforation au moyen de la tarière; il en conclut que la tarière a, pour fonction primitive la recherche d'un aliment. Mais dans le cas de *Nasonia* qu'il a étudié, les pupes de Diptères parasitées laissent écouler le liquide nutritif à la simple piqûre. Chez *Habrocytus*, le phénomène est plus complexe et il ne me paraît pas qu'on doive envisager comme un acte primitif la construction du tube sans lequel il y a impossibilité de se nourrir. Je penche plutôt vers l'hypothèse d'une habitude ayant pris naissance chez un parasite qui, au début de son évolution, perforait de sa tarière dans le seul but de pondre. Il se peut que la nécessité d'une alimentation animale se fasse sentir actuellement, mais j'hésite à croire que primitivement il en était de même.

Quoi qu'il en soit, on voit tout l'intérêt de cette observation d'un procédé très ingénieux, qui fait ressortir la complexité des actes instinctifs chez les Hyménoptères parasites.

ZOOLOGIE. — *Sur le développement de* Molge Waltlii *Mich.* (*Batracien urodèle*) *et sur son habitat en Guinée française.* Note de M. F. **Angel**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les collections herpétologiques du Muséum d'Histoire naturelle renferment une série d'exemplaires prélevés sur une ponte de *Molge Waltlii* Mich., qui eut lieu à la Ménagerie des Reptiles en mars 1880. Vingt-cinq individus permettent d'examiner les stades successifs, entre les tailles de 14^{mm} et de 60^{mm} de longueur totale.

Le développement des membres, particulièrement, semble différer de ce qui se produit chez les autres espèces du même genre. Alors que chez celles-ci, les membres acquièrent de très bonne heure leur nombre normal de doigts, chez celle-là les doigts n'apparaissent que très irrégulièrement et beaucoup plus tard. Si, sur des exemplaires ayant 14^{mm} de longueur, les membres antérieurs sont présents avant les postérieurs, en tant que date d'apparition (phénomène normal dans le groupe), on remarque qu'après la taille de 20^{mm}, l'accroissement des membres postérieurs prédomine nettement sur celui des antérieurs. Chez 18 sujets de 14^{mm} à 38^{mm}, 5 présentent les deux membres postérieurs normalement constitués avec leurs cinq doigts, tandis qu'aucun ne présente les deux pattes antérieures respectivement munies de leurs quatre doigts. Il faut arriver à la taille de 50^{mm} pour trouver, parfois, les doigts complets aux deux membres antérieurs, alors que les membres postérieurs sont déjà complets, assez souvent, à partir de 25^{mm}. Mais ce n'est bien que vers 60^{mm}, à part quelques rares exceptions, que l'on trouve les deux paires de pattes munies de tous leurs doigts respectifs.

Ainsi, en ce qui concerne l'irrégularité du développement des membres et des doigts, par rapport les uns aux autres, la plus grande asymétrie est de règle jusqu'à 60^{mm}.

Le Tableau suivant permettra d'établir la comparaison des nombres de doigts développés, sur une vingtaine d'exemplaires de longueurs différentes.

Longueur de l'exemplaire.	Membres antérieurs. Doigts présents à chaque membre.		Membres postérieurs. Doigts présents à chaque membre.	
mm 14	2	2	0	0
14	4	0	0	0
20	4	3	4	4
22	0	2	0	5
25	0	2	5	5 (*)
28	0	2	0	2
30	2	0	5	3
31	3	3	5	4
32	2	3	0	5

(*) Normaux.

Longueur de l'exemplaire.	Membres antérieurs. Doigts présents à chaque membre.		Membres postérieurs. Doigts présents à chaque membre.	
mm				
33	o	o	5	5 (*)
33	o	2	3	5
35	o	o	5	5 (*)
38	o	2	5	5 (*)
38	o	4	5	5 (*)
49	4	4 (*)	5	2
50	o	2	4	5
50	4	4 (*)	o	2
50	4	4 (*)	5	5 (*)
52	4	4 (*)	5	o
61	4	4 (*)	5	5 (*)

(*) Normaux.

Les particularités ci-dessus m'ont paru d'autant plus intéressantes qu'elles permettent d'identifier exactement une larve de Batracien urodèle récoltée par M. Paul Chabanaud, dans le marigot de Diéké, en Guinée française, et qui fit l'objet d'une Communication de sa part (¹). Il signalait la capture de cette larve, et décrivait l'aspect anormal des membres, qui ne pouvait être rapporté à aucune forme larvaire connue. L'examen comparatif des larves de *Molge Waltlii* et de la larve capturée à Diéké permet d'affirmer que cette dernière appartient à cette espèce, qui n'était connue jusqu'à présent que de l'Espagne, du Portugal, et du nord de l'Atlas, au Maroc.

Cette étude confirme, par conséquent, l'opinion de M. Chabanaud sur la présence d'un Batracien urodèle en Afrique intertropicale; de plus, l'identification de cette larve montre que *Molge Waltlii*, forme européo-africaine, présente en Afrique une dispersion très étendue vers le Sud.

EMBRYOGÉNIE. — *Lois de croissance des tissus constituant le poumon fœtal du mouton.* Note de M. E. **Fauré-Fremiet**, présentée par M. Henneguy.

Nous avons montré, avec le professeur G. Dragoiu et Mlle du Vivier de Streel (²), que l'accroissement pondéral du poumon de mouton, étudié en

(¹) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 139.

(²) *La croissance du poumon fœtal chez le mouton et les variations concomitantes de sa composition* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 275).

fonction du temps pendant la vie intra-utérine, peut être représenté par une courbe en S à laquelle s'applique parfaitement l'équation générale proposée par Brailsford Robertson, soit :

$$\log \frac{x}{A - x} = K(t - t_1);$$

A, poids moyen du poumon à la naissance, étant égal à 125^g; t_1, temps correspondant au poids $\frac{A}{2}$, étant égal à 14 semaines; x étant remplacé par ses valeurs expérimentales aux temps t_n; les valeurs de K varient très peu autour d'une moyenne telle que $K = 0,246$.

Inversement, si nous adoptons cette valeur de K, nous pouvons calculer la valeur moyenne de x au temps t_n; on obtient ainsi une courbe qui passe très exactement au milieu des points exprimant les déterminations directes du poids du poumon fœtal en fonction du temps. Cette courbe est donc à la fois la courbe théorique et la courbe moyenne de l'accroissement total de l'organe.

La courbe de croissance d'un organe, ainsi caractérisée par l'équation de Robertson, n'est pas indépendante de la courbe de croissance de fœtus tout entier; d'autre part, elle représente évidemment la somme algébrique des variations pondérales de chacun des tissus constituant l'organe considéré.

Dans le cas du poumon il est possible, en simplifiant légèrement les données du problème, de ramener à deux le nombre de ces constituants, et d'étudier la croissance propre du stroma conjonctif et celle des tubes épithéliaux.

Nous avons montré d'autre part [1] qu'il est possible d'estimer, d'après des mesures de surface, les variations quantitatives du tissu épithélial pulmonaire au cours du développement fœtal, le dosage du glycogène donnant par ailleurs une sorte de vérification des résultats obtenus.

Si l'on trace avec les valeurs obtenues par cette méthode la courbe de croissance propre à l'épithélium, on voit que cette courbe *n'obéit pas à la loi de Robertson*.

A première vue, et si l'on ne considère que les tout premiers stades du développement, le poids du tissu épithélial x croît *à peu près* de telle manière que l'on ait

$$\log x = at - b.$$

[1] FAURÉ-FREMIET, DRAGOIU et DE VIVIER DE STREEL, *La différenciation histochimique de l'épithélium pulmonaire* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 368).

Mais pour avoir une concordance exacte avec les valeurs expérimentalement connues de x, il faut tenir compte du poids total correspondant (P) du poumon. On arrive alors à une relation telle que

$$\sqrt[3]{100\,\frac{x}{P}} = at + b$$

dans laquelle $a = 0,595$ et $b = 0,525$.

On peut donc écrire

$$x = At^3P + Bt^2P + CtP + DP.$$

En ce qui concerne le stroma conjonctif du poumon fœtal, il est difficile d'obtenir une bonne appréciation de ses variations quantitatives [1]; cependant, on est en droit d'estimer que la courbe d'accroissement du tissu conjonctif présente la même allure que la courbe de croissance du poumon total, les coefficients numériques ayant une valeur un peu différente : A étant voisin de 110^g, t_1 de 101 jours et K de 0,232.

Il apparaît ainsi que chacun des deux tissus constituant le poumon fœtal possède une loi d'accroissement qui lui est propre; dans le cas du tissu conjonctif la croissance tend vers une limite après avoir passé par un maximum, alors que dans le cas du tissu épithélial la croissance tend vers l'infini.

Si l'on considère le développement du poumon total, on voit qu'il semble commandé surtout par l'accroissement conjonctif qui est de même forme. Or, si l'on prolonge par le calcul la courbe de croissance épithéliale au delà de la douzième semaine, on voit qu'elle devient rapidement incompatible avec la courbe réelle de croissance du poumon total; en effet, le rapport $100\,\frac{x}{P}$ augmentant d'une manière continue, atteindrait vers la vingtième semaine la valeur de 100 pour 100, ce qui est absurde.

Nous avons montré [2] que dans la réalité ce même rapport ne dépasse pas 30 pour 100 et qu'au delà de cette valeur limite correspondant à la douzième semaine du développement fœtal, la croissance de l'épithélium accuse un arrêt brusque, puis une régression marquée, tandis que les éléments cellulaires subissent une sorte de métamorphose que nous avons décrite au point de vue cytologique et histo chimique.

---

(1) Surtout pendant la seconde moitié du développement, la masse conjonctive ne peut pas correspondre exactement à la différence $P - x$ à cause de la complication progressive de la structure de l'organe.

(2) *Loc. cit.*

On sait que Brailsford Robertson a comparé un « cycle de croissance » à une réaction monomoléculaire et autocatalytique au cours de laquelle le corps actif réagit non seulement en fonction de la masse actuelle de sa portion encore intacte, mais encore en fonction de la masse du corps produit par la réaction. Cette séduisante comparaison peut être appliquée au tissu conjonctif étant donnée la forme de sa courbe de croissance et en assimilant la substance collagène par exemple au produit formé dont l'augmentation de masse ralentit peu à peu la réaction.

La courbe de croissance indéfinie du tissu épithélial ne correspond pas à un tel schéma et n'explique pas l'accident qui, dans la réalité des phénomènes normaux, arrête brusquement le développement de ce tissu à la douzième semaine.

Nous avons montré dans la même série de recherche ([1]) que la composition chimique du poumon tout entier, et celle du tissu épithélial, varie d'une manière continue au cours de la vie fœtale. On pourrait donc supposer que la forme embryonnaire de la cellule épithéliale ne peut persister avec des modifications légères ([2]) qu'autant que les variations de la composition chimique ne dépassent pas certaines limites; au delà de celles-ci des conditions nouvelles sont réalisées auxquelles correspond un nouvel état, forme adulte de la cellule épithéliale sous ses trois aspects principaux de cellule cylindrique ciliée, de cellule anucléée, de cellule à granulations lipoïdes et à réaction cadmiophile ([3]).

EMBRYOGÉNIE. — *De l'existence de rapports biométriques entre la Grenouille rousse* (Rana fusca) *et ses œufs à l'époque de la ponte*. Note de MM. **E.-F. Terroine** et **H. Barthélémy**, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note précédente ([4]), nous avons établi la fixité de composition des œufs de grenouille rousse, son entière indépendance de l'état physiologique (âge, poids, etc.) de la femelle productrice. Or il y a là un fait qui ne peut manquer de surprendre. L'œuf à vitellus très abondant, tel que

---

([1]) *Loc. cit.*

([2]) Variation continue de la taille et du rapport nucléoplasmique, par exemple.

([3]) Fauré-Fremiet, Dragoiu et du Vivier de Streel, *Sur une réaction micro-chimique de la cellule épithéliale pulmonaire* (*Bull. de la Soc. de Chim. biologique*, t. 2, 1920, p. 166).

([4]) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 611.

l'œuf de grenouille, est essentiellement une cellule de réserve : plus de 20 pour 100 des substances sèches sont, en effet, des matières grasses. Il semblerait donc que, de même que les tissus de réserve sont plus ou moins riches en graisses suivant l'état de l'organisme dont ils font partie, les œufs dussent être également de composition variable suivant l'état de l'organisme producteur.

Puisqu'il n'en est rien, qu'il est par ailleurs inadmissible de supposer une indépendance rigoureuse entre les œufs et l'organisme producteur, nous avons été amenés à penser que s'il n'existe aucun rapport entre la composition des œufs et l'état des organismes, il en existe au contraire, et de très précis, entre la masse des œufs produits, la quantité des matières grasses qu'ils renferment, d'une part; le poids des organismes producteurs et la quantité totale de graisse contenue dans ces organismes, d'autre part.

En vue de déterminer le bien-fondé de cette hypothèse, nous avons, chez un grand nombre de sujets recueillis absolument au hasard, mais présentant entre eux de grandes différences de poids :

1° Déterminé le poids des œufs ovariens à l'époque de la ponte, le poids total de l'organisme producteur et calculé le rapport de ces deux valeurs;

2° Déterminé la teneur en substances grasses et lipoïdiques totales des ovaires, ainsi que la teneur de l'organisme total et calculé le rapport de ces deux valeurs.

On trouvera, dans les Tableaux ci-dessous, les résultats de quelques-unes de nos déterminations :

Relation entre le poids des œufs ovariens et le poids du corps.

Poids total du sujet.	Poids des œufs.	Rapport pour 100 du poids des œufs au poids du corps.
54,277	8,630	15
45,500	6,618	14
40,500	6,020	14
35,700	5,900	16
30,500	5,000	16
23,000	3,450	15

Relation entre la quantité de substances grasses et lipoïdiques contenues dans les œufs ovariens et celle renfermée dans l'organisme total.

Organisme total (corps + œufs).	Œufs.	Substance pour 100 contenue dans les œufs.
1,2265	0,867	70
0,9246	0,665	71
1,0765	0,7245	67
0,7915	0,5265	66
0,7605	0,5345	70
1,148	0,677	64

La réponse à la question posée n'est pas douteuse : il existe des rapports quantitatifs très étroits entre l'organisme producteur et les œufs. De l'ensemble de nos déterminations, dont nous n'avons donné ci-dessus qu'un petit nombre, il résulte que le poids des ovaires à l'époque de la ponte représente en moyenne 15 pour 100 du poids de l'organisme total, les écarts individuels ne dépassant pas 4 pour 100 de la valeur moyenne; et que les substances grassses et lipoïdiques représentent en moyenne 68 pour 100 du contenu total de l'organisme, les écarts individuels par rapport à la moyenne étant de 3,3 pour 100. Il va de soi que des valeurs qui diffèrent entre elles de 3 à 4 pour 100 doivent être considérées comme identiques.

Il était intéressant de rechercher si l'on retrouverait des faits et des chiffres analogues chez d'autres espèces. La bibliographie est malheureusement très pauvre, quant aux données permettant d'établir une telle comparaison. Cependant on peut trouver dans un travail de Milroy (¹) sur le hareng six pesées d'ovaires mûrs et d'organismes porteurs correspondants. Or le calcul nous a montré que les rapports pondéraux étaient respectivement de 16, 15, 11, 14, 16 et 16; c'est-à-dire identiques à ceux observés par nous chez la grenouille. Des recherches ultérieures nous permettront de voir s'il y a là une loi biométrique générale.

Conclusion. — A l'époque de la ponte : 1° le poids des œufs ovariens de grenouille rousse représente 15 pour 100 du poids total du corps; 2° la quantité de substances grasses et lipoïdiques déposées dans les œufs représente 68 pour 100 du contenu total de l'organisme en ces matières.

PARASITOLOGIE. — *Sur la coccidiose des alevins de la Carpe.* Note de MM. **L. Léger** et **S. Stankovitch**, présentée par M. Henneguy.

Dans certains étangs de la région du Sud-Est consacrés à la culture de la Carpe, les alevins du premier âge sont souvent atteints par une Coccidie dont l'évolution s'effectue tout entière dans l'épithélium intestinal. Sa multiplication présente une telle intensité qu'il en résulte une destruction par places de la muqueuse digestive avec une entérite grave, parfois mortelle, et, en tout cas, susceptible de porter un sérieux préjudice à

(¹) Milroy, *Changes in the chemical Composition of the Herring during the reproductive Period* (*Bioch. J.*, t. 3, 1908, p. 366-390).

l'élevage, car les petits poissons qui résistent restent amaigris et souffreteux, incapables de poursuivre leur croissance normale.

Déjà Zschiesche (*Zoolog. Anzeig.*, 1914) a signalé une maladie analogue chez des alevins de Carpe en rapportant le parasite qu'il a observé à la Coccidie décrite par Moroff et Fiebiger (*Arch. f. Protistenk*, 1905) sous le nom de *Eimeria subepithelialis*, dans les Carpes adultes. Or, et sans pouvoir dire si cette identification est exacte puisque Zschiesche n'indique pas la forme et les dimensions des ookystes et des spores de sa Coccidie, nous pouvons affirmer que celle que nous avons trouvée comme agent pathogène de la Coccidiose des alevins de Carpe est nettement différente de l'*E. subepithelialis* tant par la forme et la taille des kystes et des spores que par le siège du parasite.

Ainsi l'*E. subepithelialis* dont la sporogonie s'effectue dans la sous-muqueuse intestinale, a des ookystes ovoïdes, de 18^{μ} à 21^{μ}, avec reliquat; des spores ovoïdes très allongées, à paroi épaisse, de 15^{μ} sur 8^{μ}. Tandis que notre espèce effectue sa sporogonie tout entière dans l'épithélium intestinal, donne des ookystes sphériques de 13^{μ} à 14^{μ} sans reliquat, des spores largement ovoïdes, acuminées aux deux pôles, à paroi mince et mesurant seulement 8^{μ} sur 6^{μ}. Il est donc impossible de confondre ces deux espèces et nous proposons pour notre Coccidie des jeunes alevins de Carpe, le nom d'*Eimeria carpelli* n. sp.

Description. — Les schizontes ovoïdes allongés de 6^{μ} à 7^{μ} sont fréquents dans les cellules épithéliales de l'intestin au voisinage de la surface, et leur grand axe est souvent oblique ou même perpendiculaire à celui de la cellule hôte, particularité singulière remarquée déjà par Zschiesche et qui, jointe à leur petite taille également notée par le même auteur, soulève la question de l'identité de son parasite avec le nôtre.

Les stades de sporogonie nous ont seulement montré jusqu'ici des ookystes à divers stades de développement. Ces ookystes à paroi très mince, sphériques, de 13^{μ} à 14^{μ} de diamètre sur le vivant, se trouvent souvent réunis en amas dans les profondeurs de l'épithélium où ils effectuent leur maturation complète pour être ensuite libérés par destruction des cellules. Leur contenu se divise en quatre sporoblastes d'abord sphériques qui se transforment en spores ovoïdes, renflées et subconiques à leur extrémité. Ces spores à pôles semblables, à paroi assez mince, renferment à maturité deux gros sporozoïtes recourbés avec un reliquat central globuleux.

Dans les régions les plus infestées de l'épithélium, les cellules qui entourent les amas coccidiens sont dégénérées, disloquées et beaucoup de noyaux sont en karyolyse.

Cette description suffit pour montrer que *E. carpelli* ne peut êre confon-

due avec *E. subepithelialis*. On sait qu'une autre espèce de Coccidie a été signalée par Wierzejski en 1898 dans les Myxosporidies (*Myxobolus*) parasites des Carpes. Cette espèce dont on ne connaît que les kystes sporulés vaguement représentés par Hofer (*Handb. der Fischkrank.*, 1904) qui lui donne le nom de *E. Wierzejskii*, ne peut d'ailleurs être confondue avec *E. carpelli* en raison de la forme très allongée de ses spores.

Le fait que nous trouvons chez les mêmes sujets tous les stades évolutifs du parasite, c'est-à-dire multiplication endogène et exogène, montre que celui-ci évolue sans le secours d'un hôte intermédiaire et que, par conséquent, les jeunes alevins s'infestent par les spores émises dans l'eau par des sujets contaminés. En conséquence, la maladie sera évitée si l'on pratique l'alevinage et la première croissance de la Carpe dans les étangs préalablement tenus en assec. Les reproducteurs sont placés, le plus tard possible, dans les étangs à pose, c'est-à-dire seulement lorsque la température sera devenue favorable à la ponte, et l'on aura soin de les retirer immédiatement après.

La méthode de Dubisch, dans laquelle les sujets d'élevage sont changés fréquemment d'étangs tenus préalablement en assec, possède ainsi, entre autres avantages, celui d'offrir aux poissons un milieu toujours indemne de germes infectieux et, en évitant ainsi les coccidioses intestinales si nuisibles à la croissance, lorsqu'elles ne sont pas mortelles, d'obtenir, toutes choses égales d'ailleurs, le maximum de rendement quantitatif et qualitatif.

Diagnose. — *Eimeria carpelli* n. sp. Kystes sphériques à paroi mince de 13^{μ}-14^{μ} sans reliquat. Quatre spores ovoïdes renflées, à pôles semblables acuminés de 8^{μ} sur 6^{μ} avec deux gros sporozoïtes et un reliquat central. Schizogonie dans les cellules épithéliales de l'intestin. Schizontes de 6^{μ} à 7^{μ}. Sporogonie complète dans la profondeur de l'épithélium des alevins de Carpe.

MÉDECINE. — *Un nouveau groupe de diurétiques : les diurétiques interstitiels. La diurèse par déplacement d'ions.* Note de M. Léon Blum, présentée par M. Widal.

La thérapeutique actuelle des hydropisies consiste à associer un régime pauvre en chlorure de sodium et pauvre en eau à une médication cardiotonique ou rénale, selon que la rétention d'eau est causée par une affection

du cœur ou une affection des reins. Ce traitement, qui convient à nombre de ces hydropisies, reste cependant inefficace pour certaines d'entre elles et les rétentions d'eau qui ne relèvent pas d'une affection cardiaque ou rénale n'en sont pour ainsi dire pas influencées. Nous avons constaté que très souvent l'administration de fortes doses de sels de potassium et de calcium, associés au régime déchloruré, était extrêmement efficace là où le traitement précédemment indiqué avait échoué; après avoir soumis nos malades à un régime sans sels et pauvre en eau, nous donnions tour à tour de la digitale, de la théobromine ou de la théophylline à hautes doses. Et dans les cas où ce traitement avait échoué nous commencions l'administration des sels.

C'est dans ces conditions que nous avons enregistré la réduction parfois très rapide et considérable de certains œdèmes brigthiques, de certains œdèmes de cause inconnue, d'épanchements pleuraux, d'épanchements ascitiques et plus exceptionnellement enfin d'hydropisies cardiaques rebelles à la digitale.

L'emploi des sels de potassium comme diurétiques est déjà ancien, l'usage des sels de calcium a été recommandé à diverses reprises dans ces dernières années, mais on n'en avait obtenu que des résultats médiocres : parce qu'on n'y avait pas associé un régime approprié et parce qu'on n'avait pas donné des doses suffisantes. L'institution d'un régime pauvre en sodium, condition parfaitement réalisée par un régime déchloruré puisque la presque totalité du sodium que nous absorbons est prise sous forme de chlorure de sodium, est indispensable pour obtenir une action diurétique des sels de calcium et de potassium. La question de dose est également capitale et nos observations nous ont prouvé nettement que là où 3^g ou 4^g de sel de potasse ou de calcium sont inopérants, 15^g à 25^g agissent au contraire puissamment. Doses importantes de sels et association au régime pauvre en sodium, telles sont donc les caractéristiques de la médication diurétique que nous proposons. Le fait qu'elle agit très efficacement dans les hydropisies de localisation et d'origines les plus variées, inflammatoires, mécaniques, rénales ou cardiaques donne à penser que son mode d'action est général et pour nous il consiste en un déplacement d'ions dans les humeurs.

Les liquides d'hydropisies sont, on le sait, essentiellement constitués par une solution de chlorure de sodium et l'on admet que c'est la rétention de sel qui conditionne la rétention d'eau. Mais si nous poussons plus loin l'analyse des faits, nous sommes amenés à conclure que c'est en définitive

l'ion sodium qui règle les phénomènes d'hydratation [1]. Lorsqu'un sujet en état d'hydropisie ingère des quantités suffisantes de sel de potassium et de calcium, le sang et les liquides épanchés s'enrichissent en potassium et en calcium, s'appauvrisent en sodium et son urine élimine du sodium en excès [2]. Pour nous, le potassium et le calcium agissent donc en déplaçant dans les humeurs l'ion sodium. Nous pensons donc qu'il y a lieu de considérer à côté des diurétiques rénaux qui agissent sur la cellule rénale et des diurétiques cardiaques qui font uriner en améliorant la circulation des reins, les diurétiques interstitiels qui agissent sur les liquides déposés dans les interstices tissulaires provoquant l'élimination d'eau en l'entraînant par un départ de sodium.

CHIRURGIE. — *Traitement de la névralgie faciale par la résection du sympathique cervico-thoracique.* Note de M. **Thomas Jonnesco**, présentée par M. P. Bazy.

Les opérations pratiquées contre la névralgie faciale sont très nombreuses. On s'est adressé successivement aux branches périphériques du trijumeau, aux ganglions extra-craniens et au ganglion de Gasser. Toutes ces opérations, les unes bénignes, comme les interventions périphériques, d'autres plus sérieuses comme celles qui s'adressent au ganglion de Meckel, d'autres plus graves encore s'adressant au ganglion de Gasser, ont donné des résultats incertains, puisque la récidive est survenue très fréquemment.

Il y a quelques années déjà que, vu la gravité de quelques-unes de ces opérations (Gasserectomie) et l'inefficacité de la plupart d'entre elles, on s'est adressé au sympathique cervical (Jaboulay, Chipault, Délagenière, Poirier, Delbet, Cavazzani, etc.) et, moi-même, j'ai pratiqué la résection partielle du sympathique cervical en 1902 et 1904.

Ces opérations paraissent actuellement abandonnées, car leurs résultats n'ont pas été durables. Je n'ai plus eu recours à la résection partielle du sympathique depuis des années.

---

(1) L. Blum, Aubel et R. Hausknecht, *Le mécanisme de l'action du chlorure de sodium et du chlorure de potassium dans les néphrites hydropigènes* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 85, p. 123, et *Bulletin de la Société médicale des hôpitaux*, 29 juillet 1921).

(2) L. Blum, E. Aubel et R. Hausknecht, *Les variations de la teneur du sang et des humeurs en sodium et en potassium après ingestion des sels de sodium et de potassium* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 85, 1921, p. 498).

Tout dernièrement, j'ai cru trouver la cause pour laquelle ces résultats étaient imparfaits. J'ai eu donc recours par deux fois à une intervention plus large. Ces opérations ont donné des résultats excellents et qui, j'espère, vont devenir définitifs.

En effet, dans toutes les opérations précédentes, on s'est adressé seulement au ganglion cervical supérieur du côté malade et l'on a cru qu'en le réséquant, cela suffirait à amener les modifications cherchées dans le trijumeau et par conséquent la guérison de la névralgie.

Je crois que cette opération était absolument insuffisante; car l'action du sympathique sur le trijumeau n'est pas directe, mais ne se fait que par l'intermédiaire des nerfs vaso-moteurs qui modifient la circulation dans le nerf et ses ganglions, produisant la névralgie. Une ablation complète du sympathique cervical, y compris le premier ganglion thoracique, pratiquée des deux côtés, peut donc seule amener des modifications durables, voire permanentes, dans la circulation des vaisseaux du nerf et de ses ganglions.

Les nerfs vaso-moteurs du sympathique qui agissent sur les vaisseaux intracraniens passent, en effet, par deux voies : par le cordon prévertébral avec ses trois ganglions cervicaux, pour le terrain carotidien, et par le nerf vertébral, émanation du dernier ganglion cervical et du premier thoracique, qui passe dans le canal intervertébral, accompagnant l'artère vertébrale qui constitue la zone postérieure ou basilaire des artères intra-craniennes.

En résumé, j'ai adopté pour la névralgie du trijumeau le même principe que j'ai mis en pratique depuis longtemps pour la résection du sympathique dans le goître exophtalmique avec de brillants résultats. Bien entendu, cette intervention n'est indiquée que dans le cas de névralgie faciale dite *essentielle*. Elle n'est pas applicable dans le cas de névralgie dite *symptomatique*.

Sans décrire ici la technique opératoire, je préciserai deux faits :

1° Cette opération, comme toutes les autres du reste, est pratiquée sous la rachi-anesthésie supérieure, en introduisant entre la dernière vertèbre cervicale et la première dorsale (ponction cervico-thoracique) 2^{cg} de stovaïne et 1^{mg} de strychnine.

2° L'opération est faite en deux temps, chacun comprenant la résection complète du sympathique du côté malade. Quelques jours après, on procède à la résection du sympathique du côté opposé.

Dans les deux derniers cas, opérés en mai dernier, il s'agissait de malades âgés dont la névragie remontait, pour les deux, à plus de neuf ans. L'un avait subi la résection périphérique des nerfs du côté malade, sans résultat.

L'autre avait subi la gassérectomie sans succès. Il s'agissait donc de récidives et de cas rebelles. Chez les deux malades, l'opération bilatérale que je viens d'indiquer a eu pour effet de les guérir complètement.

Vu la bénignité absolue de la résection du sympathique, quelqu'étendue fût-elle, et la gravité réelle des opérations intra-craniennes qui s'adressent au ganglion de Gasser, ainsi que l'inefficacité des opérations périphériques, je crois que la résection du sympathique serait préférable à toute autre méthode, à condition qu'on la fasse totale et bilatérale.

A 16 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures trois quarts.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 2 NOVEMBRE 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **P.-N. Ghosh**, professeur de Physique industrielle à l'Université de Calcutta, qui assiste à la séance.

ÉLECTRICITÉ. — *Conditions d'excitation et de résonance d'un alternateur alimentant une longue ligne à haute tension, avec ou sans récepteur.* Note (¹) de M. **André Blondel.**

Le problème se ramène à la détermination des composantes de l'impédance extérieure à l'alternateur $\overline{Z}_e$, afin de les introduire dans les formules données dans ma précédente Note (²). Dans ce qui suit, on désignera encore par ω la vitesse de pulsation, par j le symbole $\sqrt{-1}$ et l'on distinguera les quantités complexes des quantités scalaires correspondantes par un trait horizontal au-dessus de la lettre représentative. On posera $\overline{R}_e = R_e + jX_e$.

I. *Calcul de l'excitation de l'alternateur en charge.* — La ligne de transport d'énergie alimente à son extrémité d'aval des récepteurs caractérisés par une impédance vectorielle totale

$$\overline{Z}_1 = R_1 + jL_1 = \frac{\overline{U}_1}{\overline{I}_1}$$

($\overline{U}_1$ étant la tension vectorielle et $\overline{I}_1$ le courant vectoriel). Appelons r, l, g, c les résistance, inductance, perditance et capacité réparties par unité de

(¹) Séance du 17 octobre 1921.

(²) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 623.

longueur (kilomètre par exemple) de la ligne, m l'impédance caractéristique vectorielle et $\bar{n}$ la constante de propagation vectorielle

$$(1)\quad \bar{m} = \sqrt{\frac{r + j\omega l}{g + j\omega c}} = m' + jm''; \qquad \bar{n} = \sqrt{(r + j\omega l)(g + j\omega c)} = n' + jn''.$$

On sait ([1]) que si l'on définit un arc hyperbolique vectoriel auxiliaire ϖ par la relation

$$(2)\quad \bar{\varpi}_1 = \text{arc th}\,\bar{m}\frac{\bar{I}_1}{\bar{U}_1} = \text{arc tang}\,\frac{\bar{m}}{\bar{Z}_1},$$

la tension vectorielle $\bar{U}$ en tout point de la ligne, à une distance x mesurée en remontant de l'extrémité aval vers l'alternateur d'amont, est donnée par l'expression

$$(3)\quad U = \bar{U}_1 \frac{\text{ch}(\varpi_1 + \bar{n}x)}{\text{ch}\,\varpi_1},$$

d'où l'on déduit le courant $\bar{I}$ au même point en différentiant et en divisant par $(r + j\omega)$:

$$(4)\quad \bar{I}_a = \frac{\bar{n}\bar{U}_1}{r + j\omega}\,\frac{\text{sh}(\bar{\varpi}_1 + \bar{n}x)}{\text{ch}\,\bar{\varpi}_1} = \frac{\bar{U}_1}{\bar{m}}\,\frac{\text{sh}(\bar{\varpi}_1 + \bar{n}x)}{\text{ch}\,\bar{\varpi}_1}.$$

En formant le rapport de la tension au courant et en remplaçant x par la longueur a de la ligne, nous obtenons l'impédance vectorielle apparente à l'entrée amont de la ligne

$$(5)\quad \bar{Z}_L = \frac{\bar{U}_a}{\bar{I}_a} = \bar{m}\,\text{coth}\,(\bar{\varpi}_1 + \bar{n}a) = Z_L(\cos\chi + j\sin\chi) = R_L + jX_L,$$

χ étant un angle auxiliaire de déphasage introduit pour simplifier l'écriture. On peut déterminer ainsi les composantes R_L et X_L de $\bar{Z}_L$. Les tables des fonctions hyperboliques de Kennelly permettent d'exécuter ce calcul. Ou, plus facilement encore, on lira directement sur un des abaques hyperboliques que j'ai édités récemment, en m'aidant des travaux de S. R. Brown, le module Z_L et l'argument χ de coth $(\bar{\varpi}_1 + \bar{n}a)$ et l'on en déduira en multipliant par m et ajoutant l'angle $\frac{\theta + \theta'}{2}$, le module Z_L et l'argument χ; d'où l'on tirera les deux composantes réelle et imaginaire.

Pour déterminer ensuite l'excitation, on commencera par calculer l'angle

([1]) Cf. Blondel et Ch. Lavanchy, *Calcul électrique des lignes à haute tension*, p. 10.

de décalage interne ψ par la formule

(6) $$\operatorname{tang}\psi = \frac{X_e + \omega L_t}{R_e + r}.$$

Puis on explicitera l'équation de l'excitation de l'alternateur à deux réactances L_t et L_d. S'il n'est pas saturé, on égalera la force électromotrice joubertique E_0 à la chute de tension totale; en appelant $\overline{Z}_e$ la somme des impédances extérieures

(7) $$\overline{E}_0 = \overline{I}_1 \Sigma \overline{Z} = \overline{I}\left[\overline{Z}_e + \overline{Z}_i + \omega(L_d - L_t)\sin\psi(\cos\psi + j\sin\psi)\right].$$

Si l'alternateur est saturé, on remplacera $\overline{E}_0 - \omega L_d \sin\psi(\cos\psi + j\sin\psi)$ par la force électromotrice transversale E_t, fonction f des ampères-tours (caractéristique d'excitation) (¹) :

(8) $$E_t = f\left(ni - \frac{KN}{\sqrt{2}} I\sin\psi\right)$$
$$= \left(X_e + \omega s + \frac{R_e + r}{\operatorname{tang}\psi}\right) I\sin\psi = (X_e + \omega s) I\sin\psi + (R_e + r) I\cos\psi.$$

Connaissant ψ, par (6), on tire de (8) l'excitation ni.

II. *Calcul de la résonance et de l'amorçage de l'alternateur sur la ligne travaillant à vide.* — Dans le cas où la ligne travaille à circuit ouvert, on trouvera, comme on l'a dit plus haut, $\varpi_1 = 0$, et les constantes R_e et X_e obtenues dans ce cas suffisent à étudier le fonctionnement de l'alternateur. En particulier, pour l'amorçage, l'alternateur est supposé non saturé.

S'il y a un transformateur intercalé, il augmente R_e de $\rho + r_1 + \frac{r_2}{\tau^2}$ et L_e de σL, en appelant τ le rapport de transformation $\frac{N_2}{N_1}$, L l'inductance primaire, σ le coefficient de dispersion. On peut également ajouter en série, pour plus de généralité, une bobine d'induction ayant pour impédance $R_b + jL_b$. En définitive, les constantes extérieures totales s'écrivent

(9) $$\left\{\begin{array}{l} R_e = Z_L \cos\chi + \rho + R_b, \\ X_e = Z_L \sin\chi + \omega\sigma L + \omega L_b, \\ \overline{Z}_e = R_e + jX_e. \end{array}\right.$$

(¹) On ajoute ici à la réactance extérieure X_e la réactance de fuites de l'alternateur ωs, qui avait été négligée dans ma précédente Communication pour simplifier l'exposé. L'expression de E_t donnée par le dernier membre de l'équation est d'ailleurs évidente sur la figure 1 de ma Communication du 12 octobre 1914 (*Comptes rendus*, t. **159**, p. 570).

D'autre part, on a $E_t = U_a \cos(\psi - \varphi) + rI\cos\psi + \omega s I\sin\psi$.

Il n'y a qu'à les substituer dans les formules (19), (21), etc. de ma précédente Note pour connaître les conditions d'auto-amorçage et de résonance.

Dans le cas où la force électromotrice E_0 est assez élevée pour que la saturation de la machine soit notable, il faut connaître la caractéristique d'excitation et le rapport $\xi = \frac{KN}{\sqrt{2}}$ d'équivalence des spires d'induit aux spires d'inducteur pour la magnétisation de la machine. On choisira alors sur la caractéristique la tension induite E_t, qui sera la tension transversale, et l'on mesurera les ampères-tours d'excitation correspondante ni_0. En exprimant que l'excitation doit être fournie par l'induit seul, on a

$$\frac{KN}{\sqrt{2}} I \sin\psi = ni_0;$$

d'où

$$(10) \qquad I \sin\psi = \frac{ni_0}{\xi} = \frac{1}{\xi}[\text{ampères-tours nécessaires pour } E_0].$$

D'autre part, l'équation (8) donne

$$(11) \qquad I \sin\psi = \frac{E_t}{X_e + \omega s + \frac{R_e + r}{\text{tang}\psi}};$$

d'où, en éliminant $I \sin\psi$ et remplaçant $\text{tang}\psi$ par sa valeur,

$$(12) \qquad \frac{E_t \xi}{n i_0} = X_e + \frac{(R_e + r)^2}{X_e + \omega s + \omega L_t} = y,$$

équation du second degré en X_e, d'où l'on peut donc déduire X_e.

Au lieu de résoudre l'équation (12), on peut obtenir le résultat par tâtonnements en calculant et représentant par une courbe les valeurs du second membre de (12), qu'on appellera pour abréger y; quand on donne à ω ou à X_e une série de valeurs différentes (par exemple par variation de l'inductance de la bobine L_b ou par variation de la fréquence), à chaque valeur de la variable considérée correspond une valeur de $\text{tang}\psi$ donnée par l'équation (8) et qu'on substitue dans (11). On peut ainsi tracer la courbe de y, porté en ordonnées, en fonction de la variable (L_b, ou ω, ou X_e). Sa rencontre avec la droite horizontale menée à la hauteur $\frac{E_t \xi}{n i_0}$ détermine par son abscisse la valeur de la variable qui amène la résonance.

On peut déterminer de la même manière la vitesse de pulsation ω qui donnerait la résonance quand toutes les constantes des appareils et de la ligne sont invariables. Il suffit de prendre cette variable ω au lieu de L_b.

La même méthode pourrait s'appliquer au calcul de la résonance sur un simple condensateur en prenant comme variable la capacité.

III. *Autre méthode pour le calcul des résonances.* — Quand on se contente d'une approximation, on attribuera à l'alternateur une self moyenne $\frac{\omega(L_t+L_d)}{2}$ (¹) (approximation suffisante pour les calculs de résonance, en dehors du cas où l'on veut étudier l'amorçage) et, par suite, une impédance $\overline{Z_0} = r + j\omega\left(\frac{L_t+L_d}{2}\right)$; cela revient à admettre *a priori* $\psi = 0$, dans la formule d'impédance de l'alternateur. On connaît $\overline{I}$ par (4), $\overline{Z_e}$ par (9); on en déduit $E_{\text{joubert}} = \overline{Z_e}\,\overline{I_a}$. On peut aussi employer une autre solution.

En définissant un arc $\overline{Z_c}$ par (9) et un arc hyperbolique auxiliaire $\overline{Q}$ par l'expression suivante

$$\text{(13)} \qquad \operatorname{th}\overline{Q} = \frac{\overline{Z_L} + \overline{Z} + \overline{Z_b} + \tau^2\,\overline{Z_a}}{m} = \frac{\overline{Z_0}}{m},$$

où Z_L, Z_b, Z_a, Z ont les valeurs indiquées ci-dessus, τ étant le coefficient de transformation $\tau = \frac{N_2}{N_1}$, on aura

$$\text{(14)} \qquad \frac{\overline{U_1}}{E_0} = \operatorname{ch}\overline{na} + \frac{\overline{Z_0}}{m}\operatorname{sh}\overline{na} = \frac{\operatorname{ch}(\overline{na}+\overline{Q})}{\operatorname{ch}\overline{Q}}.$$

On fera varier $\overline{Q}$ en modifiant soit $\overline{Z_b}$, soit ω, soit toute autre variable du second membre, et l'on déterminera le point extrémité de $\overline{Q}$ sur l'épure. On trouvera ainsi par le tracé d'une courbe menée par les extrémités des vecteurs d'arc $\overline{Q}$ le point de tangence avec le réseau des mod des ch vectoriels. Au voisinage, on trouvera l'arc vectoriel $\overline{Q_M}$ qui rend minimum l'expression (14), $\overline{na}$ étant donné; puis de la table des calculs on déduira la valeur de la variable choisie correspondant à cette valeur $\overline{Q_M}$.

En faisant $Z_a = 0$ cette méthode donnera semblablement la résonance de la ligne et de sa réactance d'entrée, alternateur déduit; en faisant en outre $Z_b = Z = 0$, on trouve la résonance de la ligne seule.

(¹) Bien entendu, cela suppose que la vitesse normale de l'alternateur sera synchrone avec la fréquence propre du système; dans le cas contraire, la self à attribuer à l'alternateur ne serait pas $\frac{L_t+L_d}{2}$ mais une valeur qui pourrait être fort différente et qui pour des fréquences très élevées par rapport à la fréquence correspondant à la rotation de l'alternateur, se ramènerait à la self de fuite, étant donné que le flux magnétique produit par cette self ne pourrait pas se former par les pièces polaires ou par les culasses de l'inducteur, dont les courants de Foucault forment alors écran.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les familles complètes de figures intégrales d'un système d'équations aux dérivées partielles du premier ordre, et sur l'application de leurs propriétés à la théorie des systèmes différentiels quelconques.* Note [1] de M. **Riquier.**

Dans une Note récente [2], nous avons étendu aux systèmes complètement intégrables du premier ordre les notions classiques relatives aux intégrales complètes de l'équation aux dérivées partielles $p=f(x, y, z, q)$: la présente Note a pour objet de formuler avec plus de généralité le résultat obtenu, et de montrer comment il s'applique à un système différentiel de forme et d'ordre quelconques, moyennant une réduction préalable de ce dernier.

I. Soit S un système *complètement intégrable* du *premier ordre*, où se trouvent engagées des fonctions inconnues en nombre k, des variables indépendantes en nombre h, et dont le damier, construit à l'aide du mécanisme que nous avons décrit dans la Note citée, contient des cases vides, en nombre l, disposées d'une façon quelconque : toute famille complète de figures intégrales ordinaires du système S dépend alors, comme il a été dit, de $k+l$ constantes arbitraires ou paramètres. Soient m le plus petit des deux entiers h, l (d'où résulte $k+l-m \geqq k$), et j un entier auquel on attribuera tour à tour les $m+1$ valeurs vérifiant la double relation

$$k+l-m \leqq j \leqq k+l.$$

Cela posé, et *une famille complète de figures intégrales ordinaires du système* S *étant supposée connue, il suffit, pour avoir sans aucune figure étrangère toutes les figures intégrales ordinaires de ce système, d'effectuer de toutes les manières possibles l'opération consistant à remplacer, dans les relations qui définissent la famille, j des $k+l$ paramètres qui y figurent par autant de fonctions arbitraires des $k+l-j$ paramètres restants, et à prendre, lorsqu'elles existent, les enveloppes des sous-familles ainsi obtenues.*

L'entier j recevant tour à tour $m+1$ valeurs, on peut partager en $m+1$ groupes correspondants les figures intégrales ordinaires de S; *ces groupes n'ont deux à deux aucune figure commune.*

II. Ce résultat une fois acquis, il était intéressant d'examiner si un sys-

(1) Séance du 24 octobre 1921.

(2) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1629.

tème différentiel (non impossible) *de forme et d'ordre quelconques* est toujours réductible à un système complètement intégrable d'ordre 1. De nos recherches antérieures il résultait déjà qu'on peut le ramener à une forme orthonome passive ([1]), laquelle est généralement d'ordre supérieur à 1 : or on peut rigoureusement établir que celle-ci se ramène, à son tour, à une forme complètement intégrable d'ordre 1, où se trouvent engagées, en même temps que les inconnues du système primitif, quelques-unes de leurs dérivées à titre d'inconnues adjointes.

En conséquence, *la théorie des familles complètes de figures intégrales d'un système complètement intégrable du premier ordre trouve son application dans l'étude la plus générale des systèmes différentiels quelconques.*

M. **H. Lecomte**, par l'organe de M. **L. Mangin**, fait hommage à l'Académie du fascicule 8, tome II, de la *Flore générale de l'Indo-Chine : Œnothéracées, Samydacées, Homaliacées, Passifloracées, Cucurbitacées, Bégoniacées, Datiscacées* et *Ficoïdes*, par F. Gagnepain.

ÉLECTIONS.

Par 28 voix, contre 8 à M. *Einstein* et 4 à M. *Camichel*, M. **J. Andrade** est élu Correspondant pour la Section de Mécanique en remplacement de M. *Vallier*, décédé.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **C. Jordan** et **H. Le Chatelier** sont réélus Membres du *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique.*

CORRESPONDANCE.

Le **Comité organisateur** invite l'Académie à se faire représenter à la cérémonie qui aura lieu, en souvenir du professeur **Boulvin**, le 13 novembre, à Gand, dans le Palais de l'Université.

MM. **Ferrié, E. Fichot, J. Tilho** prient l'Académie de vouloir bien les

([1]) *Les systèmes d'équations aux dérivées partielles*, Chap. XIV.

compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *Grandidier*.

M. J.-B. **Charcot** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Division des Académiciens libres, par le décès de M. *J. Carpentier*.

MM. **L. Bedel**, *H. Buisson* au nom du **Journal des Observateurs**, *M. Grimpret* au nom de l'**Institut industriel du Nord de la France**, **A. Lambert**, **F. Le Cerf**, **P. Lemoine**, **F. Maignon**, **Porcherel** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur la *Fondation Loutreuil*.

MM. **Paul Becquerel**, **Henri Bénard**, **E. Brumpt**, **Ed. Chauvenet**, **Aug. Chevalier**, **A. Gruvel**, **Ch. Lormand**, **J. Martinet**, **C. Nicolardot**, **Victor Piraud**, le Président du **Touring Club de France**, **Émile Vigouroux** adressent des Rapports sur l'emploi qu'ils ont fait des subventions accordées sur le *Fonds Bonaparte*.

MM. **Samuel Buchet**, **J. Duclaux**, **L. Eblé**, **Ernest Lebon**, **Lucien Mayet** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Traité de Nomographie*, par Maurice d'Ocagne. Deuxième édition. (Présenté par M. P. Appell.)

2° *Nutrition de la plante. Formation des substances ternaires*, par M. Molliard. (Présenté par M. L. Mangin.)

AÉRODYNAMIQUE. — *La variation de la vitesse ascensionnelle des ballons pilotes avec l'altitude.* Note de M. **C.-E. Brazier**, présentée par M. E. Bouty.

Les mesures effectuées en France, en vue de déterminer la variation de la vitesse ascensionnelle des ballons pilotes avec l'altitude, ont fait voir que cette vitesse, maxima dans les couches d'air voisines du sol, décroît plus ou

moins rapidement jusqu'à ce que le ballon ait atteint une hauteur comprise entre 500^m et 1500^m pour croître ensuite assez lentement jusqu'à 8^{km} ou 9^{km}.

Théoriquement, si les pertes d'hydrogène étaient négligeables et si le caoutchouc conservait son extensibilité, la vitesse ascensionnelle, dans les conditions moyennes de température et de pression réalisées dans l'atmosphère, devrait croître régulièrement avec l'altitude.

Or, si pour éliminer l'influence des courants ascendants dus à l'échauffement du sol, on se borne à considérer les mesures effectuées au-dessus de 2000^m, on trouve, qu'entre ce niveau et celui de 8000^m, l'accroissement réel n'est que de 7 pour 100 alors que théoriquement il devrait atteindre 13 pour 100.

Cette différence est trop forte pour que l'on puisse l'attribuer uniquement à la diffusion de l'hydrogène. D'autre part, quoique les données expérimentales que l'on possède sur le changement des propriétés du caoutchouc avec la température ne permettent pas de discuter à fond la question, il ne semble pas que ce soit dans une augmentation de la rigidité de l'enveloppe que l'on peut espérer trouver la raison de ce désaccord. On est donc naturellement amené à rechercher si les changements de la résistance offerte par l'air au mouvement des ballons sphériques mis précédemment en évidence (¹), ne permettraient pas de rendre compte des phénomènes observés.

Le calcul montre qu'en adoptant pour le coefficient de résistance unitaire, K, les valeurs que nous avons indiquées (¹), il suffit d'admettre que la perte d'hydrogène est égale à 6 pour 100 du volume par heure, c'est-à-dire de l'ordre de grandeur de celle que l'on a constatée expérimentalement (²), pour que, dans les conditions moyennes, l'accroissement de la vitesse ascensionnelle d'un ballon de 50^g gonflé à 150^g soit, entre 2000^m et 8000^m, sensiblement égal à celui qui résulte de la discussion des sondages à deux théodolites.

Il est donc probable que, dans l'atmosphère libre, comme au laboratoire, la résistance opposée par l'air au mouvement des sphères n'obéit ni à la loi

(¹) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 644.

(²) Alan T. Waterman, *The military meteorological service in the United States during the war.* (*Month. Weather Rev.* t. 47, 1919, p. 215).

quadratique, ni à la loi linéaire, tant que le nombre de Reynolds $N = \frac{VD\rho}{\eta}$ (¹) reste compris entre 100×10^3 et 300×10^3. En dehors de ces limites, la loi quadratique paraît applicable en adoptant deux coefficients de résistance différents : l'un, $K_1 = 0,051$, conviendrait aux cas où N serait inférieur à 100×10^3, l'autre, $K_2 = 0,027$, à ceux pour lesquels N dépasserait 300×10^3.

Dans la région située entre $N = 100 \times 10^3$ et $N = 300 \times 10^3$, on ne peut admettre la loi quadratique qu'à la condition de donner à K des valeurs variables déterminées par celles de N. Mais on ne doit pas oublier que ces valeurs ne sont que des moyennes et que, dans chaque cas particulier, la grandeur actuelle du coefficient de résistance dépend essentiellement de la turbulence de l'air. Le maximum de la vitesse ascensionnelle qui se produit dans les couches basses peut donc être causé, au moins en partie, non par des courants ascendants, mais simplement par des variations de la turbulence. On ne peut ainsi espérer, avec des ballons pour lesquels le nombre de Reynolds est compris entre ces limites, tirer, des sondages à deux théodolites, des conclusions précises sur l'existence, les modifications et la vitesse des courants d'air verticaux.

En plus, dans cette région à laquelle appartiennent la plupart des modèles de ballons employés pour les sondages aérologiques, la forme de la courbe obtenue pour la variation de la vitesse ascensionnelle en fonction de l'altitude ne s'applique qu'au modèle sur lequel ont porté les mesures ou à des types très voisins.

Tout semble donc bien indiquer que la considération du nombre de Reynolds doit jouer un rôle important, non seulement dans le calcul de la vitesse ascensionnelle des ballons-pilotes et le choix de leurs constantes, mais encore dans l'interprétation des résultats des sondages à deux théodolites au point de vue de la vitesse des courants verticaux.

AVIATION. — *Sur le problème général de l'aviation.* Note de MM. Paul et Maurice Richard, présentée par M. L. Lecornu.

Le système d'équations utilisé par les ingénieurs pour établir un projet d'avion n'est autre que l'expression analytique des lois de similitude de

(¹) V = vitesse du ballon ; D = diamètre du ballon ; ρ = poids spécifique de l'air ; η = coefficient de viscosité de l'air.

l'aérodynamique. Il permet de déterminer les performances d'avions réels à partir d'essais de laboratoire portant sur des éléments séparés : ailes, fuselage, hélices, etc. ou sur des modèles réduits d'appareils complets.

Les lois qui expriment les nécessités de la construction même : matériaux employés et agencement de ces matériaux, n'y entrent pas en ligne de compte, et c'est l'expérience pratique d'un genre de construction déterminé qui permet à l'ingénieur d'éviter l'incompatibilité absolue des variables fondamentales ou l'écart trop grand entre le but visé et le résultat obtenu.

Or l'étude de la question nous a montré que l'expérience de la construction peut fournir bien davantage que des directives plus ou moins vagues.

Il est évident *a priori* que le poids d'avions d'un type défini, mais différant entre eux par la puissance et les dimensions, est une fonction bien déterminée de ces quantités, puisqu'il s'en déduit par un processus de calcul fixé par la Résistance des matériaux.

Toutefois, on pouvait s'attendre à rencontrer des lois compliquées, très variables d'un type à un autre. L'étude approfondie des divers cas particuliers nous a montré, au contraire, que les lois de similitude de la construction s'expriment avec une précision suffisante pour la pratique sous des formes mathématiques qui ne le cèdent en rien, pour la simplicité et la généralité, à celles des lois de similitude aérodynamique.

Une même relation peut, avec un nombre relativement restreint de coefficients, représenter tous les cas possibles et, par conséquent, résoudre par un processus de calcul uniforme, les problèmes les plus généraux intéressant les possibilités mêmes de l'aviation.

Nous avons été ainsi amenés à remplacer, dans la pratique courante, les équations bien connues [1] par les relations suivantes :

$$(1) \qquad -\Pi + \Pi\left(\frac{AS^{\frac{1}{2}}}{1 + AS^{\frac{1}{2}}} + a\right) + qT + u = 0,$$

$$(2) \qquad \Pi = d^{\frac{1}{3}} T^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{3}},$$

$$(3) \qquad \left(\mu\beta^2 + \frac{\sigma}{S} + \alpha\right)\varpi^2\Omega^4 - 2\mu d^{\frac{1}{3}}\beta\varpi\Omega^2 - \rho^{75} t\varpi^2\Omega + \mu d^{\frac{1}{3}} = 0,$$

dans lesquelles Π représente le poids total de l'avion en kilogrammes, S sa surface en mètres carrés, T la puissance en chevaux. $\Pi\left(\frac{AS^{\frac{1}{2}}}{1 + AS^{\frac{1}{2}}} + a\right)$ est le

(1) Voir le *Cours* du Colonel Dorand à l'École supérieure d'Aéronautique.

poids du planeur; a et A représentent des coefficients découlant de la Résistance des matériaux, proportionnels à la densité, au coefficient de sécurité et inversement proportionnels à la résistance par unité de section.

qT est le poids du moteur, de l'essence, des radiateurs, réservoirs et poutres support-moteur; le coefficient q peut encore se mettre sous la forme

$$q = m + nc + r,$$

m étant le poids du moteur par cheval, n le nombre d'heures de vol, c la consommation spécifique en essence et huile, r un coefficient de construction analogue à a et A.

u est le poids utile (appareils de bord, T. S. F., pilotes, passagers, aménagement, etc.).

d est un coefficient déterminé par la condition que l'avion peut s'élever à une hauteur donnée.

α, β, μ sont les paramètres d'une parabole par laquelle se trouvent représentables toutes nos polaires.

σ est la résistance nuisible de l'appareil.

ϖ et t sont respectivement les rapports de densité et de température relatifs à la hauteur de vol.

ρ le rendement de l'hélice, Ω le rapport $\frac{VS^{\frac{1}{2}}}{T^{\frac{1}{3}}}$ où V est la vitesse de l'avion en m : s.

Ces relations nous ont permis de traiter des problèmes de maximum tels que ceux-ci :

Quelle est, *d'une façon générale*, la plus grande vitesse réalisable en aviation?

Ou, *d'une façon plus restreinte*, quelle est la plus grande vitesse réalisable si l'on s'impose d'enlever un poids utile donné ou de construire en bois;

Ou bien, en *extrapolant*, quel progrès faudrait-il réaliser dans la construction, en aérodynamique, en métallurgie... pour que telle vitesse devienne possible?

Etc.

L'étude complète du système poursuivie à l'aide de méthodes analytiques et nomographiques nous a donné les solutions des divers cas possibles sous forme de tableaux à multiples entrées qui nous permettent de travailler facilement et à coup sûr et dont l'ensemble constitue la première solution générale du problème de l'aviation [1].

---

(1) Ces travaux seront l'objet d'une communication étendue au prochain Congrès International de la Navigation Aérienne.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations linéaires aux dérivées partielles admettant une seule famille de caractéristiques imaginaires.* Note de M. **Maurice Gevrey**.

Dans deux Notes antérieures ([1]) nous avons donné un procédé général de formation des fonctions de Green, de Neumann et des fonctions analogues, permettant la résolution des problèmes aux limites relatifs aux équations linéaires du second ordre du type elliptique à n variables. Le principe de la méthode peut être utilisé pour les équations d'ordre $2p$ à caractéristiques toutes imaginaires; mais cette extension est particulièrement simple dans le cas où ces caractéristiques *forment une seule famille multiple d'ordre p*. Nous nous occuperons de ces équations avant d'aborder le cas général.

I. Donnons auparavant quelques remarques relatives à l'équation du second ordre

$$\Delta u + a\frac{\partial u}{\partial x} + b\frac{\partial u}{\partial y} + cu + f = 0.$$

Pour former la fonction de Green $\mathcal{G}(\Pi, P)$, solution de l'adjointe relativement au point $\Pi(\xi, \eta)$, nous avons utilisé la fonction auxiliaire ([2])

$$V(\Pi, P) = \mathcal{L}\frac{\sqrt{r^2 + 4d\delta}}{r} \qquad (r = P\Pi),$$

d et δ étant les plus courtes distances de P et Π au contour C portant les données. On peut aussi remplacer d par la fonction

$$d_1 = \delta + (x - \xi)\frac{\partial \delta}{\partial \xi} + (y - \eta)\frac{\partial \delta}{\partial \eta},$$

et l'on trouve alors

$$\sqrt{r^2 + 4d_1\delta} = P\Pi_1 = r_1,$$

$\Pi_1(\xi_1, \eta_1)$ étant le symétrique de Π par rapport au pied m de la plus courte distance δ, point qu'on peut appeler l'*image* de Π par rapport à C.

L'introduction de d_1 à la place de d suppose évidemment quelque hypothèse supplémentaire relative au contour (courbure dérivable), à moins de le transformer en un cercle par représentation conforme, mais elle a l'avantage de simplifier la formation des fonctions V lorsqu'on se donne sur C

([1]) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 610 et 839.

([2]) *Ibid.*, p. 611.

une relation linéaire entre u et sa dérivée normale [1]. Ainsi, pour former la fonction de Neumann, il suffit de preudre

$$V = \mathcal{L} r r_1.$$

Ce que nous venons de dire s'étend aux équations à n variables [2]. La fonction V relative au problème de Neumann est alors $\frac{1}{r^{n-2}} + \frac{1}{r_1^{n-2}}$.

II. Soit maintenant l'équation

$$(1) \qquad \Delta^p u + \sum a_{i,k} \frac{\partial^{i+k} u}{\partial x^i \, \partial y^k} \qquad (i + k < 2p),$$

la notation Δ^p signifiant que l'opération $\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ est répétée p fois. La solution fondamentale de l'équation $\Delta^p u = 0$ est

$$r^{2p-2} \mathcal{L} r = \frac{1}{2} (\rho\rho')^{p-1} [\mathcal{L} \rho + \mathcal{L} \rho'],$$
$$\rho = x - \xi + i(y - \eta), \qquad \rho' = x - \xi - i(y - \eta).$$

Proposons-nous de former la fonction $\mathcal{G}(\Pi, P)$, solution de l'adjointe de (1) relativement au point Π et s'annulant sur un contour fermé C, ainsi que ses dérivées des $p - 1$ premiers ordres. Nous utiliserons pour cela la fonction $V(\Pi, P)$ représentée par la partie réelle de

$$\rho'^{p-1} \left[\rho^{p-1} \mathcal{L} \rho - \rho_1^{p-1} \mathcal{L} \rho_1 + \lambda_1 \delta \frac{\partial \rho_1^{p-1} \mathcal{L} \rho_1}{\partial n} + \ldots + \lambda_{p-1} \delta^{p-1} \frac{\partial^{p-1} \rho_1^{p-1} \mathcal{L} \rho_1}{\partial n^{p-1}} \right],$$

$\lambda_1, \ldots, \lambda_{p-1}$ étant des coefficients numériques qui se déterminent très facilement en écrivant que V et ses $p - 1$ premières dérivées normales s'annulent sur C. Dans cette expression, ρ_1 désigne la quantité complexe $x - \xi_1 + i(y - \eta_1)$ et n désigne la direction de la normale intérieure passant par Π (direction du vecteur $m\Pi = \delta$).

La fonction $\mathcal{G}$ s'exprimera alors, comme nous l'avons expliqué dans la première Note citée [équation (3)], à l'aide d'une fonction inconnue qui sera solution d'une *équation de Fredholm* du même type que l'équation (4) (p. 611). Au moyen de $\mathcal{G}$, nous pourrons écrire immédiatement, par application de la formule de Green, la solution de l'équation (1) *prenant des valeurs données sur* C *ainsi que ses* $p - 1$ *premières dérivées*; ici encore, on peut faire la représentation conforme de C sur un cercle.

---

(1) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 840.
(2) *Ibid.*, éq. (7), p. 840.

Nous pouvons même résoudre un problème plus général et nous proposer de déterminer la solution de (1) telle que ses valeurs et celles de ses dérivées des $2p-1$ premiers ordres satisfassent, en tout point m de C, à p relations linéaires dont les coefficients soient fonctions du point m. Cette recherche se ramène à celle d'une fonction $\mathcal{G}$ satisfaisant sur C à p relations de ce genre *homogènes*. Pour fixer les idées, soit $p=2$: nous devrons avoir, quand II vient en m, *deux* relations de la forme

$$(2)\qquad \alpha_0(m)\frac{\partial^3\mathcal{G}(m,\mathrm{P})}{\partial n^3}+\alpha_1(m)\frac{\partial^2\mathcal{G}}{\partial n^2}+\alpha_2(m)\frac{\partial\mathcal{G}}{\partial n}+\alpha_3(m)\mathcal{G}=0.$$

Nous prendrons pour fonction V la partie réelle de

$$\varkappa\rho'\rho\mathfrak{L}\rho+\lambda\rho'\rho_1\mathfrak{L}\rho_1+\mu\delta\rho'\frac{\partial\rho_1\mathfrak{L}\rho_1}{\partial n}+\nu\delta\frac{\partial\rho'}{\partial n}\rho_1\mathfrak{L}\rho_1,$$

$\varkappa$, λ, μ, ν étant des fonctions de ζ, η qu'on détermine en écrivant que V satisfait, comme $\mathcal{G}$, aux équations (2), ce qui donne les valeurs de ces fonctions et de leurs dérivées normales sur C.

La méthode est évidemment indépendante du degré de l'équation. Dans le cas où $p=2$ et où les coefficients $a_{i,k}$ sont nuls, on possède ainsi un procédé général permettant la résolution des problèmes relatifs aux *plaques élastiques* (plaques encastrées, appuyées, libres, etc.).

Toutefois, ayant utilisé les quantités complexes, nous ne pouvons étendre notre méthode, du moins sous cette forme, aux équations à n variables; mais il en existe une autre applicable à un nombre quelconque de variables.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Correspondance conforme entre deux surfaces avec conservation des lignes de courbure et de la valeur absolue du rapport des rayons de courbure principaux.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. Goursat.

1. Appelons P_1 le problème suivant : *trouver une surface* S *susceptible d'être transformée ponctuellement en une autre surface* S_1 *avec conservation des angles et des asymptotiques*. Il est équivalent de dire que S *et* S_1 *se correspondent ponctuellement avec conservation des angles, des lignes de courbure et du rapport* $\frac{\mathrm{R}}{\mathrm{R}'}$ *des rayons de courbure principaux en chaque point.*

Soit P_2 le nouveau problème : *trouver une surface* S *susceptible d'être transformée ponctuellement en une autre surface* S_1 *avec conservation des*

angles et des lignes de courbure, les rapports $\frac{R}{R'}$ *et* $\frac{R_1}{R'_1}$ *étant aux points homologues égaux et de signe contraire.*

La condition nécessaire et suffisante pour qu'un couple S et S_1 soit solution de P_1 ou P_2 (à l'exclusion de l'autre, bien entendu) est que S *et* S_1 *soient en correspondance conforme et que leurs images sphériques soient également en correspondance conforme.*

Une similitude effectuée sur S ou S_1 ne change rien et sera négligée; une solution banale de P_1, à savoir S et S_1 semblables, sera négligée.

2. S sphère est solution de P_1; S_1 est alors cette même sphère mise en représentation conforme sur elle-même; S sphère est solution de P_2; S_1 est alors une surface minima quelconque. S surface minima est solution de P_1; S_1 est alors une surface minima quelconque; S surface minima est solution de P_2; S_1 est alors une sphère. Écartant désormais le cas de S sphère ou surface minima, nous pouvons mettre le problème en équation en supposant S donnée et cherchant S_1; toute la difficulté revient à trouver une fonction k telle que, l'élément de l'image sphérique de S étant

$$d\sigma^2 = e^2\, du^2 + g^2\, dv^2,$$

l'élément analogue pour S_1 soit

$$d\sigma_1^2 = k^2(e^2\, du^2 + g^2\, dv^2);$$

cela entraîne que k satisfasse à une première équation E aux dérivées partielles du second ordre, d'ailleurs linéaire, commune à P_1 et P_2. Exprimant ensuite que les surfaces S et S_1 sont elles-mêmes en représentation conforme, il faut ajouter une nouvelle équation, E′ pour P_1 ou E″ pour P_2, aux dérivées partielles du second ordre, qui est d'ailleurs une équatiou de Laplace; E′ et E″ ne diffèrent que par le terme en k. Le système (E, E′) ou (E, E″) en général est incompatible; si S est choisie convenablement, le système est compatible, il n'est pas en involution et l'on démontre aisément que la fonction k ne peut contenir que deux paramètres au plus, paramètres de forme pour S_1; la solution k étant obtenue, S_1 est unique et la correspondance (S, S_1) unique aussi.

3. S surface de révolution quelconque est solution de P_1; S_1 est alors aussi de révolution et dépend effectivement de deux paramètres. On est ramené au problème classique : trouver les représentations conformes sur elle-même de la sphère, où méridiens s'échangent entre eux ainsi que parallèles.

Un groupe remarquable s'obtient en supposant de plus $\frac{R}{R'}$ constant, ce qui détermine complètement la surface de révolution, sauf similitude. S_1 coïncide avec S, mais non point pour point. Une telle surface admet ∞^2 auto-représentations conformes du type P_1.

Nous allons voir aussi que S surface de révolution est aussi solution de P_2.

4. Une surface isothermique S est solution de P_2; en général S_1 ne dépend d'aucun paramètre, c'est la surface isothermique associée à S : les plans tangents aux points homologues sont parallèles, autrement dit les images sphériques coïncident.

Une remarque simple augmente encore les relations mutuelles de P_1 et P_2 : supposons qu'une surface S solution de P_1 soit isothermique (c'est le cas précisément pour une surface de révolution); d'après P_1, il lui correspond une surface S_1 également isothermique; si Σ et Σ_1 sont les surfaces isothermiques respectivement associées, il est bien clair que (S, Σ_1) et (S_1, Σ) sont deux solutions de P_2, et cette fois si dans de tels couples les surfaces sont séparément isothermiques, du moins elles ne sont pas isothermiques associées et les images sphériques diffèrent. D'ailleurs Σ, Σ_1 est un couple solution de P_1.

Donc S surface de révolution quelconque est solution de P_2; les surfaces S_1 correspondantes sont de deux espèces : d'abord la surface Σ de révolution isothermique associée, qui ne dépend d'aucun paramètre; puis les surfaces de révolution à deux paramètres Σ_1 qui correspondent à Σ par P_1.

5. Existe-t-il des solutions différentes de P_1 ou P_2? C'est un point qui résulterait de l'étude des conditions de compatibilité de (E, E') ou de (E, E''), mais que je n'ai pu élucider.

6. L'étude des surfaces minima comme solutions de P_1 mérite de retenir notre attention. Deux surfaces minima *quelconques* S et S_1 possèdent deux ∞^3 représentations conformes mutuelles du type P_1. Deux quadratures classiques ayant ramené sur chacune le ds^2 à la forme

$$ds^2 = R(dx^2 + dy^2), \qquad ds_1^2 = R_1(dx_1^2 + dy_1^2) \tag{1}$$

si α, β, γ sont trois constantes arbitraires, les formules

$$x = \alpha x_1 + \beta, \qquad y = \alpha y_1 + \gamma \tag{2}$$

ou

$$x = \alpha y_1 + \gamma, \qquad y = \alpha x_1 + \beta \tag{2'}$$

résolvent complètement la question.

Mais on peut se placer à un point de vue différent : S étant une surface minima *donnée*, on peut chercher *une* surface minima S_1 telle que l'*une* des correspondances P_1 entre S et S_1 possède une propriété remarquable.

M. Goursat l'a fait en 1888 (*Acta mathematica*, t. 11) : S étant lieu des milieux μ des cordes MM_1 dont chaque extrémité est sur une courbe minima (M) ou (M_1), on imprime à (M) un déplacement arbitraire D et à (M_1) un déplacement arbitraire D_1 ; M et M_1 devenant M^D et M^{D_1}, le milieu μ^{DD_1} de $M^D M_1^{D_1}$ décrit une nouvelle surface minima S_1, la correspondance (μ, μ^{DD_1}) est du type P_1. Si S est réelle, D et D_1 imaginaires conjugués, S_1 est réelle et dépend de trois paramètres de forme.

J'ai montré moi-même aux *Annales de l'École Normale* (1919) en étudiant les courbes à torsion constante, puis au *Bulletin de la Société mathématique* (1921), en étudiant le paraboloïde de révolution, puis aux *Comptes rendus* (2 novembre 1920) qu'à toute surface minima réelle S correspondent ∞^2 nouvelles surfaces minima $\overline{S}$ toutes réelles telles que chaque couple S, $\overline{S}$ forme les deux focales d'une congruence rectiligne, les points focaux homologues donnant une correspondance P_1. Il suffit d'intégrer une certaine équation de Riccati variable avec S.

A un tel couple (S, $\overline{S}$) l'opération de M. Goursat substitue de nouveaux couples (S_1, $\overline{S}_1$) possédant la même propriété, car l'opération DD_1 de M. Goursat peut s'appliquer d'un coup à toutes les surfaces minima.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Extension d'un théorème de Liouville au champ de gravitation.* Note de M. **K. Ogura**, présentée par M. Émile Borel.

Dans la géométrie euclidienne à n ($n \geqq 3$) dimensions nous avons le théorème suivant bien connu : « Pour que l'élément linéaire de l'espace puisse être représenté par la forme

$$ds^2 = \lambda^2(x_1, x_2, \ldots, x_n)(dx_1^2 + dx_2^2 + \ldots + dx_n^2) \qquad n \geqq 3,$$

il faut et il suffit que

$$\lambda = \text{const.} \qquad \text{ou} \qquad \lambda = \frac{c}{(x_1 - a_1)^2 + (x_2 - a_2)^2 + \ldots + (x_n - a_n)^2},$$

c, a_1, ..., a_n étant constantes. »

Considérons maintenant un champ de gravitation d'Einstein dans un espace *vide*. On peut démontrer le théorème suivant : *Pour que l'intervalle*

élémentaire de ce champ puisse être représenté par la forme

$$ds^2 = f^2(t, x_1, x_2, x_3)(dt^2 - dx_1^2 - dx_2^2 - dx_3^2),$$

il faut et il suffit que

$$f = \text{const.},$$

ou

$$f = \frac{c}{(x_1 - a_1)^2 + (x_2 - a_2)^2 + (x_3 - a_3)^2 - (t - a_4)^2},$$

ou

$$f = \frac{1}{b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 t + d} \qquad (b_1^2 + b_2^2 + b_3^2 - b_4^2 = 0),$$

a, b, c, d étant constantes. Puis *on peut, à l'aide de transformations bien connues* (¹), *réduire ds à la forme*

$$ds^2 = \overline{dt}^2 - \overline{dx}_1^2 - \overline{dx}_2^2 - \overline{dx}_3^2.$$

Application. — Considérons un champ *statique* de gravitation dans un espace *vide. Si toutes les lignes d'intersection des surfaces appartenant aux trois familles d'un système triple orthogonal dans l'espace sont des rayons lumineux, cet espace-temps est euclidien.*

Prenons les trois familles du système triple orthogonal comme paramètres $u_1 = \text{const.}$, $u_2 = \text{const.}$, $u_3 = \text{const.}$ L'intervalle élémentaire de ce champ peut se mettre sous la forme

$$ds^2 = \varphi^2\, dt^2 - H_1^2\, du_1^2 - H_2^2\, du_2^2 - H_3^2\, du_3^2,$$

où φ, H_1, H_2, H_3 ne dépendent pas de t. D'après le principe de Fermat

$$\delta \int \frac{1}{\varphi} \sqrt{H_1^2\, du_1^2 + H_2^2\, du_2^2 + H_3^2\, du_3^2} = 0,$$

nous pouvons écrire les équations différentielles des rayons lumineux (²).

(¹) H. Bateman, *Proc. London Math. Soc.*, 2ᵉ série, vol. 7, 1909; vol. 8, 1910. — *Mathematical analysis of electrical and optical wave-motion*, p. 31. — (Voir aussi G. Darboux, *Leçons sur les systèmes orthogonaux*, p. 167-169).

(²) Ces équations s'écrivent

$$du_i\, d^2u_j - du_j\, d^2u_i + \left\{ {ii \atop j} \right\}' du_i^3 - \left\{ {jj \atop i} \right\}' du_j^3 + \left\{ {kk \atop j} \right\}' du_i\, du_k^2 - \left\{ {kk \atop i} \right\}' du_j\, du_k^2$$
$$+ \left(2\left\{ {ij \atop j} \right\}' - \left\{ {ii \atop i} \right\}' \right) du_i^2\, du_j - \left(2\left\{ {ij \atop i} \right\}' - \left\{ {jj \atop j} \right\}' \right) du_i\, du_j^2$$
$$+ 2\left(\left\{ {jk \atop j} \right\}' - \left\{ {ik \atop i} \right\}' \right) du_i\, du_j\, du_k = 0,$$

Pour que les intersections de $u_2 = \text{const.}$ et $u_3 = \text{const.}$ soient des rayons lumineux, il faut que

$$\begin{Bmatrix} 11 \\ 2 \end{Bmatrix}' = 0, \qquad \begin{Bmatrix} 11 \\ 3 \end{Bmatrix}' = 0.$$

De même nous avons les deux paires de conditions

$$\begin{Bmatrix} 22 \\ 1 \end{Bmatrix}' = 0, \qquad \begin{Bmatrix} 22 \\ 3 \end{Bmatrix}' = 0, \qquad \begin{Bmatrix} 33 \\ 1 \end{Bmatrix}' = 0, \qquad \begin{Bmatrix} 33 \\ 2 \end{Bmatrix}' = 0$$

pour les intersections $u_3 = \text{const.}$, $u_1 = \text{const.}$ et $u_1 = \text{const.}$, $u_2 = \text{const.}$ respectivement. De ces six équations nous obtenons

$$\varphi = \frac{H_1}{\Psi_1(u_1)} = \frac{H_2}{\Psi_2(u_2)} = \frac{H_3}{\Psi_3(u_3)},$$

$\Psi_i(u_i)$ étant une fonction de la seule variable u_i.

Si nous posons

$$x_i = \int \Psi_i(u_i)\, du_i \quad (i = 1, 2, 3), \qquad \varphi(u_1, u_2, u_3) = f(x_1, x_2, x_3),$$

nous avons

$$ds^2 = f^2(x_1, x_2, x_3)(dt^2 - dx_1^2 - dx_2^2 - dx_3^2);$$

et le théorème ci-dessus énoncé nous montre que f est une constante.

PHYSIQUE. — *Sur la mesure de la vitesse de propagation des ondes électriques le long des fils métalliques.* Note de M. **Mercier**, présentée par M. Deslandres

Lorsque des oscillations électriques se propagent le long de deux fils parallèles, elles donnent naissance à un système de nœuds et de ventres. La vitesse de propagation sera connue si l'on mesure simultanément la longueur d'onde et la période des oscillations,

La présente Note a pour objet d'indiquer les mesures préliminaires que nous poursuivons depuis les derniers mois de l'année 1920 pour nous rendre compte du degré de précision que l'on peut obtenir par cette méthode.

---

où nous avons posé

$$\begin{Bmatrix} ii \\ i \end{Bmatrix}' = \frac{1}{H_i}\frac{\partial H_i}{\partial u_i} - \frac{1}{\varphi}\frac{\partial \varphi}{\partial u_i}, \qquad \begin{Bmatrix} ij \\ j \end{Bmatrix}' = \frac{1}{H_j}\frac{\partial H_j}{\partial u_i} - \frac{1}{\varphi}\frac{\partial \varphi}{\partial u_i},$$

$$\begin{Bmatrix} ii \\ j \end{Bmatrix}' = -\frac{H_i}{H_j^2}\frac{\partial H_i}{\partial u_j} + \frac{H_i^2}{H_j^2}\frac{1}{\varphi}\frac{\partial \varphi}{\partial u_j} \qquad \begin{pmatrix} i, j, k = 1, 2, 3 \\ i \neq j \neq k \end{pmatrix}.$$

Un oscillateur à lampes pour les très courtes longueurs d'ondes, analogue à celui décrit par MM. Gutton et Touly [1], est couplé faiblement avec le système des deux fils parallèles. Ces deux fils sont reliés à l'une de leurs extrémités par un pont métallique fixe. Un pont mobile permet d'autre part de déterminer la position des ventres de courant en prenant comme instrument d'observation une lampe détectrice dont le courant plaque est mesuré par un microampèremètre.

La détermination des ventres de courant se fait en construisant les courbes de résonance en fonction des déplacements du pont le long des fils. L'expérience a montré que la position des ventres se trouve ainsi définie à moins de $\frac{1}{10}$ de millimètre.

On s'est assuré par cette méthode de l'équidistance des ventres de courant. La mesure de la longueur d'onde peut donc se faire par la détermination de la distance de plusieurs internœuds. Ayant ainsi à mesurer une longueur de plusieurs mètres, l'erreur relative sur la valeur de la longueur d'onde paraît pouvoir être réduite à l'ordre du cent-millième.

Nous avons cherché à obtenir une précision analogue dans la mesure de la période. Nous avons utilisé pour cela la méthode de mesure des fréquences en valeur absolue de MM. Abraham et Bloch [2]. On prend un oscillateur dont la fréquence est comparée directement avec celle d'une horloge et qui possède de nombreux harmoniques. On fait battre l'un de ceux-ci avec le fondamental d'une autre source, ayant elle-même de nombreux harmoniques. Cette opération peut se poursuivre plusieurs fois et permet d'atteindre ainsi les faibles longueurs d'ondes.

Nous avons reconnu d'abord que cette méthode était utilisable avec les plus petites longueurs d'ondes. Elle nous a permis de passer d'oscillations dont la période, comparable à la seconde, est déterminée par enregistrement direct à des oscillations dont la longueur d'onde est de l'ordre du mètre (fréquence 300000000).

Nous avons en même temps établi que, moyennant certains artifices simples, toutes les comparaisons de fréquences par la méthode des battements peuvent se faire avec une précision qui dépasse le cent-millième.

L'ensemble de ces essais préliminaires montre que la méthode décrite doit permettre de déterminer la vitesse de propagation des oscillations électriques de haute fréquence le long des fils métalliques avec une précision dépassant le dix-millième.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 271.

(2) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1105.

MAGNÉTISME. — *Champ démagnétisant et paramagnétisme.* Note (¹) de M. **P. Dejean**, présentée par M. Le Chatelier.

Nous avons noté dans une précédente Communication que les variations de l'intensité d'aimantation en fonction du champ magnétique auquel est soumis un barreau d'acier doux, très court par rapport à son diamètre, se rapprochent de l'allure théorique des paramagnétiques. La susceptibilité apparente d'un tel barreau garde une valeur qui reste indépendante de la variation du champ extérieur, lorsqu'on fait croître celui-ci de zéro, jusqu'à une valeur d'autant plus grande que le rapport $m = \frac{L}{D}$ est plus petit.

L'intensité d'aimantation croît ensuite de moins en moins vite quand le champ augmente, et elle tend vers une limite qui est l'intensité d'aimantation à saturation du métal qui constitue le barreau.

La valeur de la susceptibilité apparente dans la région des champs où elle reste constante a une valeur d'autant plus faible que m est plus petit. Elle devient nulle quand m s'annule. On voit donc qu'il est possible de trouver une valeur de m pour laquelle cette susceptibilité soit de l'ordre des susceptibilités paramagnétiques, c'est-à-dire de l'ordre de $\frac{1}{10^4}$ ou même $\frac{1}{10^5}$; mais en se basant sur les chiffres obtenus expérimentalement sur des barreaux dont le diamètre atteint plusieurs millimètres, on voit que pour obtenir une susceptibilité aussi faible, il faudrait vraiment que m soit bien petit. Si l'on tient compte du fait mis en lumière par Schuddemagen (²), à savoir que, pour une même valeur de m, le champ démagnétisant est d'autant plus grand que le diamètre du barreau est plus petit.

On conçoit combien cette augmentation, qui est déjà très notable quand on passe d'un diamètre de 6^{mm} à un diamètre de 3^{mm}, doit devenir importante lorsqu'on arrive aux diamètres de l'ordre des dimensions atomiques. Il en résulte que les susceptibilités apparentes, qui vont en sens inverse des champs démagnétisants, peuvent atteindre l'ordre de grandeur des susceptibilités paramagnétiques pour des aimants élémentaires pour lesquels m n'est pas tellement petit.

Nous avons montré d'autre part que, si l'on dispose une file d'éléments

(¹) Séance du 24 octobre 1921.

(²) *Proc. Amer. Acad.*, t. 43, 1907, p. 185.

magnétiques à grand champ démagnétisant, en les séparant par des entrefers progressivement croissants, on arrive à trouver que l'action de ces éléments les uns sur les autres devient très petite lorsque les entrefers atteignent une ou deux fois la longueur des éléments. Il n'est donc pas bien difficile d'admettre qu'un corps paramagnétique soit formé d'aimants élémentaires à grand champ démagnétisant et suffisamment éloignés les uns des autres pour que leurs actions mutuelles soient faibles.

Ce premier pas étant franchi, on peut expliquer bien des choses. Nous avons montré précédemment que, lorsqu'on rapproche suffisamment une longue file d'éléments magnétiques à grand champ démagnétisant, on obtient une résultante identique à celle des barreaux ferromagnétiques à champ démagnétisant négligeable. D'autre part, l'écartement progressif de ces éléments permettrait de passer des susceptibilités de l'ordre de celles des ferromagnétiques, aux susceptibilités de l'ordre de celles des paramagnétiques, suivant des courbes analogues à celles relevées expérimentalement lors du passage des ferromagnétiques à l'état paramagnétique par simple élévation de température. (Point de Curie.)

On est donc fortement tenté d'admettre qu'un ferromagnétique est composé d'aimants élémentaires à grand champ démagnétisant, disposés en files et suffisamment rapprochés les uns des autres pour que, par suite de leurs actions mutuelles, le champ démagnétisant élémentaire soit annulé. Les résultats obtenus par P. Weiss sur la pyrrhotine et la découverte dans le plan magnétique d'une direction de facile aimantation est un argument assez fort en faveur de la formation de ces files d'aimants, dans les ferromagnétiques. Sous l'influence d'une élévation de température, soit simplement par suite de l'effet thermique, soit par suite de la formation progressive d'une variété allotropique isomorphe, les aimants élémentaires peuvent arriver à s'écarter jusqu'à ce que leurs actions mutuelles soient faibles. Le corps devient ainsi paramagnétique.

L'hypothèse des *éléments à grand champ démagnétisant* permettrait d'expliquer ainsi d'une manière très simple le passage du ferro au paramagnétique. La brusquerie de ce passage, notée sur nos courbes précédentes, expliquerait pourquoi on rencontre peu de corps faisant la transition entre les ferro et les paramagnétiques. Enfin elle permettrait d'expliquer d'une manière simple, et par des considérations purement magnétiques, la grandeur du champ moléculaire des ferromagnétiques, ce qui n'est pas possible si l'on admet que les aimants élémentaires satisfont à la loi de Coulomb.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Y a-t-il redissolution de* NaCl *en présence d'une solution non congruente soumise à l'évaporation?* Note de **M. C. Raveau.**

Si une solution, de formule

$$n(a\,NO^3Am + b\,NO^3Na + c\,AmCl + H^2O) \qquad (a, b, c > 0),$$

peut être évaporée à température constante sans changement de composition, c'est que la vaporisation d'une molécule H^2O est accompagnée de l'évacuation de $a\,NO^3Am$, $b\,NO^3Na$, $c\,AmCl$. Si la solution n'est pas *congruente* (1), c'est-à-dire si les trois sels au contact desquels elle peut subsister en équilibre sont NaCl, NO^3Na, AmCl, la présence de NaCl solide est alors nécessaire. Les sels NO^3Na, AmCl évacués se précipitent; les ions NO^3, Am, sous quelque forme qu'ils sortent de la liqueur, s'unissent aux éléments de NaCl, dont la quantité *diminue*, et fournissent de nouvelles quantités de NO^3Na, AmCl. C'est du moins de cette façon que Meyerhoffer explique les phénomènes qu'il a prévus et observés. M. Rengade (2) préfère admettre que la diminution de la quantité de NaCl solide est la conséquence d'une dissolution et, en l'espèce, d'une *redissolution* de ce sel, antérieurement précipité. Il reste alors à expliquer pourquoi les ions Na, Cl sont obligés d'entrer dans une dissolution dont ils doivent finalement ressortir.

Quelque théorie que l'on adopte, un point est incontestable : lorsqu'il disparaît pa molécules de NaCl, il apparaît des nombres *plus grands* $p(a+b)$, $p(a+c)$ de molécules NO^3Na, AmCl. Dans le diagramme I de la Note citée de M. Rengade, l'une au moins de ces conditions n'est pas satisfaite.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Électro-analyse rapide du laiton.* Note de M. et de Mme **A. Lassieur**, présentée par M. A. Haller.

L'analyse rapide par voie électrolytique d'un alliage cuivre-zinc présente certaines difficultés. Ces alliages ne sont attaqués aisément que par l'acide nitrique, nécessaire également pour effectuer l'électrolyse du cuivre, car, en l'absence de cet acide, on obtient toujours un poids de cuivre trop

(1) Au sens de Meyerhoffer. Voir ma Note des *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 1099.

(2) *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 218.

élevé, par suite de la présence d'oxydule dans le métal. Cette nécessité d'employer l'acide nitrique rend impossible l'électrolyse du liquide séparé du cuivre, en vue de déposer le zinc. On sait, en effet, que la réduction de l'acide nitrique, qui s'accomplit sous l'influence du courant électrique, abaisse le potentiel cathodique de telle sorte que le dépôt du zinc est rendu impossible. On est généralement conduit à éliminer l'acide nitrique par évaporation de la liqueur séparée du cuivre, en présence d'acide sulfurique. Cette opération est longue et ôte tout intérêt à une méthode d'électro-analyse rapide du laiton.

Nous avons présenté il y a quelque temps, M. Kling et l'un de nous (¹), une méthode mise au point par M. L. Vernerd et qui consiste à réduire après dépôt du cuivre, l'acide nitrique par l'acide hypophosphoreux. Le procédé est relativement rapide, mais présente le sérieux inconvénient de nécessiter un double dépôt du zinc, le métal obtenu en première électrolyse renfermant toujours du phosphore en proportion telle que son poids est erroné de façon inadmissible.

Nous avons recherché une méthode plus expéditive et surtout de technique plus simple. Tenant compte que l'électrolyse du cuivre ne peut être réalisée qu'en milieu nitrique et que la présence de cet acide doit être évitée pour obtenir le dépôt de zinc, nous avons pensé qu'il serait possible de pratiquer l'électrolyse du cuivre, en présence d'acide nitrique, puis de réduire cet acide en ammoniaque, sous l'influence du courant, de façon à en être totalement débarrassé dans un temps raisonnable, pour pouvoir doser le zinc. Des essais préliminaires nous ont montré que l'acide nitrique ne commence à être sensiblement réduit que lorsque le cuivre est déposé, cette circonstance est particulièrement favorable dans le cas qui nous occupe.

Le problème de la transformation de l'acide nitrique en ammoniaque par voie électrolytique a fait l'objet de nombreux Mémoires, dans le seul ordre analytique, consacrés surtout au dosage des nitrates. Sand (²) a pratiqué la réduction de l'acide nitrique en vue du dosage du zinc, en employant le courant électrique et le cuivre spongieux comme catalyseur. Cet état spécial du cuivre, qui a paru nécessaire à Sand, n'est nullement utile et la réduction a lieu tout aussi bien quand on catalyse la réaction par du cuivre compact tel que celui qu'on obtient par électrolyse normale d'un sel de cuivre.

(¹) *Chimie et Industrie*, vol. 4, n° 4, 1920, p. 465.
(²) *J. of Chem. Soc. Trans.*, t. 1, 1907, p. 385.

La réduction électrolytique de l'acide nitrique est facile, mais exige, à poids égal, une quantité d'électricité plus grande que celle nécessaire au dépôt du cuivre ou du zinc. Il est donc utile, pour obtenir une réduction suffisamment rapide de l'acide, de limiter sa proportion à la quantité strictement nécessaire pour attaquer le métal et pour obtenir un bon dépôt de cuivre.

Nous recommandons de suivre scrupuleusement le mode opératoire suivant, qui mène sûrement au but :

Prendre $0^{g},5$ de laiton, autant que possible sous forme de feuille mince. Attaquer dans une petite fiole, par 20^{cm^3} d'acide sulfurique à 50 pour 100 en poids et 1^{cm^3} d'acide nitrique à 36°B. Chauffer à ébullition commençante. La dissolution du métal est effectuée en 5 minutes. Transvaser dans un becher et faire 70^{cm^3} avec de l'eau. Electrolyser avec un appareil à électrodes rotatives en employant un courant de 4 à 5 ampères. L'opération dure 40 minutes. Au bout de ce temps, le cuivre est non seulement déposé, mais l'acide nitrique intégralement réduit. La liqueur débarrassée du cuivre et les eaux de lavage des électrodes présentant un volume total d'environ 100^{cm^3} sont additionnées de 25^{cm^3} de lessive de soude à 36°B, puis de 15^{cm^3} d'acide acétique cristallisable et enfin de 10^{cm^3} de solution saturée de fluorure de sodium, destiné à annuler l'influence retardatrice du fer qui peut être présent sur le dépôt de zinc. (Le fer se trouve engagé dans un complexe fluoré.)

Le liquide ainsi préparé est refroidi à la température ordinaire et électrolysé pour zinc, sur cathode cuivrée, en employant un courant de 4 ampères. Au bout de 30 minutes, l'opération est achevée, on pèse la cathode, après lavage et dessiccation.

Une analyse est effectuée en 1 heure et demie, le temps de l'attaque du métal compris et les manipulations à exécuter sont réduites au minimum.

Il nous est arrivé, très exceptionnellement, d'observer, à la fin de la réduction de l'acide nitrique, un commencement de dépôt du zinc. Cet accident est sans gravité. Il suffit pour arrêter l'électrolyse de couper le courant, le peu de zinc déposé se redissout immédiatement, le cuivre n'étant pas touché, ce n'est en effet qu'au bout de plusieurs minutes que le cuivre subit une dissolution appréciable, dans ce milieu d'acide sulfurique étendu et tiède. Le zinc redissous on lave la cathode et termine à la manière ordinaire.

La méthode donne des résultats très suffisants pour une analyse devant servir à vérifier la composition d'un alliage. On remarquera que les chiffres trouvés pour le cuivre sont généralement un peu trop forts, cette erreur d'ailleurs faible est systématique.

Analyses de mélanges synthétiques cuivre-zinc.

Cuivre.		Zinc.	
Trouvé.	Théorie.	Trouvé.	Théorie.
0,2495	0,249	0,195	0,195
0,0998	0,0996	0,394	0,3944
0,2495	0,249	0,050	0,049
0,1998	0,1992	0,244	0,244
0,2008	0,1992	0,1955	0,195

Analyse d'un laiton. — Ce laiton a été analysé simultanément par la méthode rapide et par le procédé ordinaire : électrolyse du cuivre en milieu nitrique, élimination de l'acide nitrique par évaporation sulfurique, puis électrolyse pour zinc; ces derniers résultats ont été considérés comme théoriques.

Cuivre.		Zinc.	
Trouvé.	Théorie.	Trouvé.	Théorie.
66,9	66,6	33,3	33,6

Analyse d'un alliage cuivre-zinc-aluminium.

Cuivre.		Zinc.	
Trouvé.	Théorie.	Trouvé.	Théorie.
5,22	5,25	89,7	89,4

Les chiffres indiqués pour la théorie ont été obtenus comme il a été dit plus haut pour le laiton.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la m-m'-dinitrodiphénylsulfone.* Note de MM. J. Martinet et A. Haehl, présentée par M. A. Haller.

La nitration de la diphénylsulfone conduit facilement à un dérivé dinitré (F. 197°) ([1]). Gericke qui, le premier, prépara le produit le considéra comme l'*o-o'*-dinitrodiphénylsulfone. Nœlting et Schmitt ([2]) l'obtinrent ensuite par action de l'acide sulfurique fumant sur le nitrobenzène.

D'autre part, le sulfure d'orthonitrophényle a été obtenu par Nietzki et Bothoff par action du sulfure de sodium sur l'*o*-nitrochlorobenzène et

([1]) Gericke, *Liebigs Annalen*, t. 100, p. 211.

([2]) Nœlting et Schmitt, *Deuts. chem. Ges.*, t. 9, 1876, p. 79.

par Lobry de Bruyn ([1]) par action de ce même sel sur l'*o*-dinitrobenzène. Ce dernier auteur le transforme en *oo'*-dinitrodiphénylsulfoxyde (F. 184°) par l'acide azotique fumant ($d = 1,5$) à froid et en *oo'*-dinitrodiphénylsulfone (F. 163°) par l'acide azotique en tube scellé à haute température.

Cette dernière sulfone a été obtenue par Colby et Loughin ([2]) par oxydation du sulfoxyde à l'aide de l'acide sulfurique et du nitrate de sodium.

Le produit obtenu par Lobry de Bruyn, Colby et Loughin qui se présente en aiguilles fondant à 163° a donc une constitution qui n'est pas douteuse. Celui de Gericke, Schmitt et Nœlting, qui fond à 197°, et qui se présente non plus en aiguilles mais en feuillets monocliniques, doit avoir une autre constitution.

La synthèse de Nœlting montre que les deux groupes nitrés sont sur des noyaux différents; comme il est très naturel de penser qu'ils se trouvent placés symétriquement par rapport au groupe sulfoné ils ne peuvent se trouver qu'en position para para' ou méta méta'. Or, le dérivé para para' a été préparé par Fromm et Wittmann ([3]) par action du soufre sur le parachloronitrobenzène en présence d'alcali, puis oxydation du sulfure de *p*-nitrophényle obtenu. Le produit obtenu fondant à 282° ne peut être confondu avec celui que donne la nitration directe. Celui-ci semble donc être la *mm'*-dinitrodiphénylsulfone.

Par réduction de ce dérivé à l'étain et l'acide chlorhydrique nous avons préparé la diamine correspondante (F. 168°). Elle avait déjà été obtenue par Gericke à l'aide du sulfure d'ammonium. Son nitrate se présente en prismes maclés à 120°, son picrate en cristaux octaédriques. L'oxalate cristallise d'un mélange des solutions alcooliques de l'acide et de l'amine. Ce sont des aiguilles groupées en oursin (F. 175°). Le dosage d'azote lui assigne la constitution d'un oxalate neutre :

	Calculé.	Trouvé.
N pour 100	8,26	7,9

Le dérivé diacétylé forme des feuillets nacrés :

	Calculé.	Trouvé.
N pour 100	8,4	8,0

Nous avons transformé cette diamine en dioxydiphénylsulfone.

([1]) Lobry de Bruyn, *Rec. des Trav. chim. des Pays-Bas*, t. 20, 1901, p. 115.
([2]) Colby et Loughin, *Deuts. chem. Ges.*, t. 20, 1887, p. 198.
([3]) Fromm et Wittmann, *Deuts. chem. Ges.*, t. 41, 1908, p. 2264.

On dissout 5g de l'amine dans 10g d'acide chlorhydrique et 25g d'eau. On fait tomber goutte à goutte dans la solution refroidie à 0°, 1g,4 de nitrite de sodium dans 7g d'eau. On attend 3 heures environ et l'on fait tomber la solution du diazoïque dans 170g d'eau bouillante contenant 30g d'acide sulfurique. On abandonne pendant un jour et l'on obtient avec un assez mauvais rendement des cristaux blancs de la dioxydiphénylsulfone cherchée (F. 186°-187°).

Cette dioxydiphénylsulfone est différente du dérivé *oo'* (F. 164°) et du dérivé *pp'* (F. 239°) de constitution bien établie (1), ce qui serait une nouvelle preuve en faveur de la structure *mm'* du dérivé de nitration directe.

Cette *mm'*-dioxydiphénylsulfone avait été préparée par Tassinari (2) dans son étude de l'action du chlorure de soufre sur le *p*-bromophénol. L'auteur n'avait assigné aucune constitution aux corps préparés. L'identité des dioxydiphénylsulfones obtenues permet d'interpréter de la manière suivante les réactions observées par Tassinari.

Le chlorure de soufre sur le bromophénol donne le sulfure de 2-bromo-5-oxyphényle. Celui-ci traité par la potasse et la poudre de zinc donne le sulfure de métaoxyphényle qui, par oxydation, conduit à la *mm'*-dioxydiphénylsulfone.

Il résulte de ce travail que par nitration directe de la diphénylsulfone on obtient une *mm'*-dinitrodiphénylsulfone. Elle peut conduire à la diamine et au diphénol correspondant dont la constitution est maintenant connue.

LITHOLOGIE. — *Sur quelques roches remarquables de l'Angola.* Note de M. Pereira de Sousa.

J'ai signalé (3) il y a quelques années l'existence de plusieurs roches alcalines dans les districts du Congo et de Loanda (Angola). Deux ans plus tard, M. A. Holmes a publié (4) une description de roches provenant des mêmes gisements et recueillies par le même géologue, M. Freire d'Andrade. Il a donné l'analyse de deux de ces roches. Je me propose de compléter mes premières observations et de donner plusieurs analyses faites par M. Raoult qui montrent que, malgré cette similitude d'origine,

(1) *oo'* : Mauthner, *Deuts. chem. Ges.*, t. **39**, 1906, p. 1347; *pp'* : Tassinari, *Gaz.*, t. **20**, p. 362. — Krafft et Schonherr, *Deuts. chem. Ges.*, t. **22**, 1889, p. 821.

(2) Tassinari, *Gaz.*, t. **17**, p. 91; t. **19**, p. 345.

(3) *Comptes rendus*, t. **157**, 1913, p. 1450; t. **170**, 1920, p. 238.

(4) *Geological Magazine*, t. **2**, 1915, p. 228, 267, 322, 366.

les roches décrites par M. Holmes et par moi-même ne sont pas absolument identiques. Dans le Tableau ci-contre ces analyses nouvelles sont numérotées 1, 3, 4, 6; celles de M. Holmes, 2, 5. Je ne reviendrai pas sur la description minéralogique de ces différentes roches.

Les analyses 1 et 2 se rapportent à des échantillons recueillis au kilomètre 16, entre Noqui et S. Salvador. J'ai considéré la roche comme un orthogneiss à riebeckite et æegyrine. M. Holmes l'appelle granite. Il n'est pas douteux que son origine première soit éruptive, mais il n'en est pas moins certain qu'elle a perdu entièrement sa structure originelle et qu'elle constitue aujourd'hui un schiste cristallin. La composition chimique est celle d'un type fréquent dans les granites à riebeckite, riches en métasilicates (II.3.1.3).

La syénite néphélinique que j'ai étudiée ([1]) à 24^{km} de Zenza de Itombe est à hastingsite. L'analyse 3 montre qu'elle appartient au type I.6.(1)2.'4. Il est intéressant de comparer sa composition avec celle de la phonolite, recueillie à 15^{km}, à l'est du Golungo Alto, vers Ambaca, bien plus vers l'intérieur du district de Loanda (50^{km} de la syénite). L'analyse 4 se rapporte au type magmatique I (II).6.'2.4. Cette roche se distingue surtout de la syénite néphélinique par une basicité plus grande et une teneur en chaux plus élevée.

Deux roches à facies de monchiquite se trouvent à 20^{km} nord-est de Zenza de Itombe. La première a été analysée par M. Holmes (analyse n° 5). Il résulte de sa description qu'elle doit être considérée comme un passage de la monchiquite à la tinguaïte, sa formule magmatique est II'.6'.1.(2).4. Quant à la seconde, que M. Holmes appelle *olivine ulrichite*, beaucoup plus basique et renfermant de l'olivine, elle n'avait pas encore été analysée. Sa composition chimique est donnée en 6. Elle correspond à la formule III.6.'3.4, composition de basanite. Cette roche renferme des trapézoèdres d'analcime, dans le cas où celle-ci ne serait pas primaire, mais résulterait d'une épigénie de la leucite, la roche devrait être considérée comme une métaleucitite, en employant la nomenclature de M. A. Lacroix.

([1]) Antérieurement, M. Berg avait signalé l'existence d'une roche analogue dans cette région (*Techermaks, Min. Petr. Mitt.*, t. 22, 1903, p. 357).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
SiO^2	72,86	74,66	56,76	51,72	46,06	43,96
Al^2O^3	7,20	8,85	22,58	20,84	17,04	15,01
Fe^2O^3	5,23	3,26	2,37	4,41	4,01	8,72
FeO	3,57	3,54	0,66	1,61	4,51	1,49
MgO	0,63	0,09	0,25	0,21	3,15	5,75
CaO	1,00	0,53	1,92	5,22	7,43	11,02
Na^2O	3,93	3,68	8,12	7,50	7,13	4,14
K^2O	4,69	4,46	5,84	4,61	2,98	2,00
TiO^2	0,38	0,32	0,63	0,94	3,15	2,04
P^2O^5	traces		0,09	0,18	0,23	0,71
H^2O	0,59	0,67	0,51	2,12	3,32	2,73
	0,39	0,08	0,12	0,45	0,70	0,71
CO^2	»	»	0,11	0,11	1,18	1,71
Cl	»	»	»	0,11	»	»
ZrO^2	»	0,51	»	»	»	»
MnO	»	»	»	0,23	»	»
	100,47	100,65	99,96	100,26	100,89	99,99

J'ai aussi signalé [1] à l'Académie quelques autres roches alcalines remarquables du centre et sud d'Angola; il restait à en donner la composition chimique (Analyses 7, 8, 9, M. Raoult).

J'y joint les analyses de deux roches gabbroïques, au milieu desquelles se trouvent ces roches alcalines (analyses 10, 11) : la première est une norite micacée et quartzifère, située à l'est du Sobado de Quipungo, sa formule magmatique est II.4 (5).'4.4.; la seconde est un gabbro à hypersthène, affleurant sur le chemin de Chaungo, vers Serradores et, près de cette localité, sa formule magmatique est III.5.4.4 (5).

	7.	8.	9.	10.	11.
SiO^2	56,78	62,78	44,40	53,32	44,34
Al^2O^3	19,10	15,94	9,98	18,01	14,67
Fe^2O^3	3,44	4,74	6,41	7,59	12,31
FeO	2,18	1,32	4,95	3,44	2,99
MgO	0,51	0,07	13,24	4,15	8,06
CaO	2,42	1,78	10,38	7,04	13,34
Na^2O	6,51	5,61	3,14	2,76	2,12
K^2O	5,97	7,06	2,12	1,29	0,49
TiO^2	0,72	0,41	2,59	0,97	1,21
P^2O^5	»	0,11	0,22	0,09	0,21
H^2O	1,71	0,23	2,19	1,45	0,55
	0,32	0,21	0,48	0,17	0,06
CO^2	0,71	»	»	»	»
	100,17	100,26	100,10	100,28	100,39

(1) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 692 et t. 170, 1920, p. 238.

La roche n° 7 est une syénite néphélinique, qui provient de l'intérieur du district de Benguella, des montagnes situées à 12°42′ S et 18°18′ E [1], à la source du fleuve Cuito, à 1200m d'altitude, près de la Serra Mozamba. Ses paramètres sont I(II), 5(6).1(2).(3)(4). Cette roche est très analogue à celle de Zenza de Itombe, mais elle est un peu plus riche en éléments ferromagnésiens. Une caractéristique minéralogique intéressante consiste dans l'existence de calcite primaire, incluse dans les autres minéraux, quand elle ne les moule pas. C'est un fait analogue à celui qui est bien connu dans les syénites néphéliniques de la région Hastings-Haliburton et d'Alnö, mais on ne connaît pas de calcaires dans les environs de cette syénite.

L'analyse n° 8 est celle d'une syénite alcaline affleurant entre Cachanga et Cantiates, constituée de microperthite, de microcline et d'albite, associée à de l'albite indépendante et à une amphibole (très altérée). La roche renferme de l'hématite qui la colore en rouge, elle présente des déformations mécaniques. Ses paramètres sont (I)II, 5.1.3. Cette roche diffère de toutes les précédentes par la prédominance de la potasse sur la soude.

Enfin l'analyse n° 9 est celle d'une limburgite, affleurant sur le plateau de granite du Monte Vermelho; à 5km au nord de l'embouchure du Cunene et à 1km de la plage. Par l'abondance de l'augite et de l'olivine, cette roche passe aux ankaratrites limburgitiques. Sa formule magmatique est (III)IV [17.2.4].2.1′.2.′2.

GÉOLOGIE. — *Sur la complexité du massif volcanique du Cantal et sur la véritable nature du Puy Mary.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Le massif volcanique du Cantal, considéré jusqu'ici comme un des plus grands volcans du globe (il avait plus de 200km de circonférence), a donné lieu à de nombreux et importants travaux, notamment de Rames, Fouqué, et surtout de M. Boule. Rames pensait qu'il y avait peut-être eu deux centres volcaniques situés au nord-est et au nord-ouest du Puy de Griou. En réalité, le massif du Cantal, ainsi que je l'ai montré pour le massif des Monts Dore, est constitué par *trois grands volcans juxtaposés* situés : le premier, à l'est du Puy Chavaroche; le second à l'ouest de

---

(1) Dans ma Note, *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 238, vient 12°4′S, au lieu de 12°42′S, et colonie belge du Katanga au lieu de Rhodesie.

Bataillouze. Le troisième, dont la situation était plus excentrique avait, pour centre principal d'émission, le *Plomb du Cantal*.

Je voudrais essayer de montrer que la géologie, l'orographie et l'hydrographie du massif concordent complètement avec ces données nouvelles. Et d'abord, le massif offre dans sa région élevée et centrale une série de collines (Puy Mary, Peyrearse, Chavaroche, Roche-Tourte, Élancèze, Bataillouze, Plomb, etc.), qui ont été considérées comme des *restes de coulées*, issues d'un grand cratère central situé à la tête de la vallée de la Jordanne. Or les recherches que je poursuis depuis plusieurs années me permettent de dire que plusieurs de ces montagnes ne peuvent être des restes de coulées, mais représentent *des volcans autonomes, secondaires*, édifiés sur les flancs des *trois volcans principaux* précités.

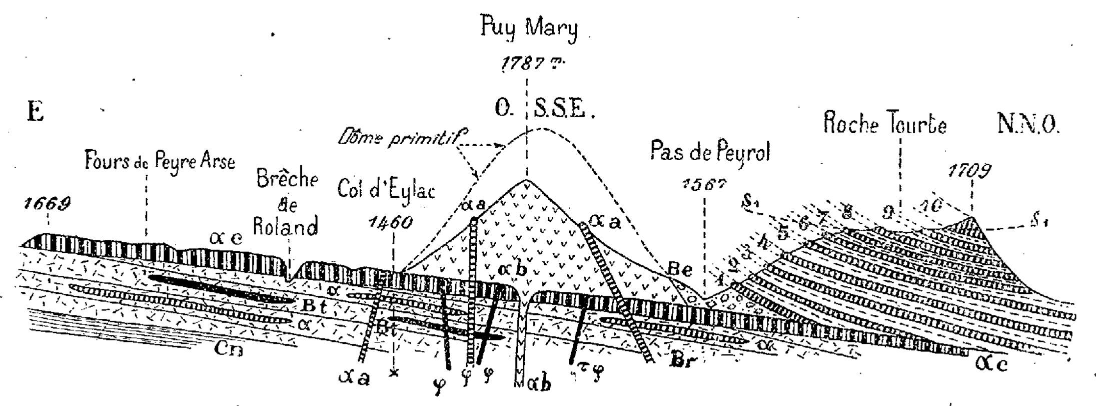
La plus intéressante de ces montagnes est sans contredit le *Puy Mary* (1787^m), de forme élancée et tétraédrique, qui se dresse au centre du massif et d'où l'on jouit d'une vue panoramique admirable sur l'ensemble de la région volcanique.

Elle domine directement, de plus de 600^m, les têtes des vallées de la Jordanne (grand cirque d'érosion glaciaire), de la Rhue, de la Mars, et les beaux cirques glaciaires emboîtés d'Eylac (vallée de l'Impradine). Mais elle ne mesure que 225^m de haut au-dessus du col de Peyrol, qui la sépare de la Roche-Tourte.

Le Puy Mary était décrit comme constitué par un substratum de brèches andésitiques, que surmonterait un fragment de coulée de basalte porphyroïde, servant de base à une pyramide d'andésite à hornblende. Basalte et andésite auraient été des lambeaux de coulées provenant du cratère central. L'ensemble est traversé par des filons de phonolite, de trachyte et de basalte.

La réalité est différente. En premier lieu, il paraît peu vraisemblable que la pyramide terminale andésitique soit un reste de coulée. Il serait singulier que, de la coulée de lave la plus épaisse du Massif Central (elle mesurerait au moins 250^m d'épaisseur), il ne fût resté qu'un faible lambeau de 500^m de large, alors que de petites coulées voisines, de 5^m à 10^m d'épaisseur, ont plusieurs kilomètres de long. En réalité, le *Puy Mary présente tous les caractères d'un dôme*, comme le Puy de Dôme et tel que l'a défini M. Lacroix à la Montagne Pelée et à la Guadeloupe, dôme dont la *base repose* sur deux coulées d'andésite, suite de celles qui couronnent les Fours de Peyrearse, et dont le flanc nord-est (au col de Peyrol et sur les routes de Murat et d'Aurillac) est masqué sur 40^m de haut par une *brèche d'écrou-*

lement. Cette *brèche homogène* ne ressemble en rien aux *brèches polygènes* (surtout de projections) de Fouqué. Elle est constituée, en effet, *uniquement par l'andésite du dôme*, sous forme d'accumulation de blocs anguleux de toute grosseur (dont certains atteignent jusqu'à 200^{m^3}), provenant de la démolition du dôme en voie d'édification, cimentés par des parties plus menues et de la poussière andésitique. Une partie de cette brèche est *recouverte*, au nord du col de Peyrol, *par une série de* 11 *coulées* d'andésite de 6^m à 20^m d'épaisseur, à pente assez forte, alternant régulièrement avec des couches de projections andésitiques, constituant dans leur ensemble *la montagne de la Roche-Tourte* (1709^m) où elles sont toutes coupées en biseau par l'érosion, en *partie* glaciaire.



Coupe un peu simplifiée à travers le Puy Mary et ses abords.

Cn, cinérites; *Br*, brèche andésitique avec coulées intercalées; α, andésite; *Bt*, basalte à titanomagnétite; α*a*, filons d'andésite; α*b*, andésite du dôme du Puy Mary; *Be*, brèche d'écroulement du dôme; α*c*, coulées d'andésite et de basalte: 1, 2, ... 10, coulées d'andésite alternant avec des projections; φ et τφ, filons de phonolite et de trachyphonolite; S_1S_1, surface supérieure d'érosion glaciaire.

Il résulte de ces faits : 1° que l'édification du dôme du Puy Mary eut lieu durant une série d'éruptions andésitiques, provenant d'un grand centre volcanique situé au sud des Fours de Peyrearse et qu'elle n'en fut qu'un épisode spécial ; 2° que le dôme fut enfoui sous les produits (brèches et coulées des dernières éruptions et qu'il ne réapparaît aujourd'hui qu'*exhumé* par l'érosion, tel le Pic du Sancy, dans les Monts Dore; 3° enfin que la hauteur de ce dôme, en partie démantelé, qui mesure actuellement 250^m, devait atteindre environ 350^m, et s'élever à 1900^m, dans sa plénitude.

Le Puy Mary n'est pas la seule colline du centre du massif cantalien ayant eu une autonomie. En dehors des Puys de Griou, de Griounot, du Roc d'Ouzières, etc., bien connus (M. Boule), il en est de même du *Puy de Peyrearse* (1967^m) considéré également comme constitué par un reste

de coulée de trachy-andésite à grands cristaux, issu du grand cratère cantalien dont il a été question, alors qu'il est formé à sa partie supérieure par une muraille verticale de 60^m de haut, représentant *une ancienne cheminée volcanique*, d'où sont sorties : une épaisse coulée Nord-Est de trachy-andésite, et une autre coulée semblable *en pente vers le Sud*, c'est-à-dire *vers l'ancien grand cratère central*, d'où, par suite, elle ne peut provenir comme on le pensait. Le Puy de Peyrearse *est donc un volcan secondaire* surtout trachy-andésitique, édifié sur un des volcans principaux du Cantal. Si *le Puy Chavaroche* (1740^m), situé au sud-ouest du Puy Mary, et son satellite nord-est représentent une accumulation de coulées andésitiques et de projections *à forte pente* vers l'Ouest, la *Roche Noire* est, par contre, un *culot andésitique* et basaltique avec *coulées andésitiques intrusives* dans les brèches. *La colline de Bataillouze* (1686^m) et son prolongement oriental offrent également deux points éruptifs permettant de l'envisager comme le pendant du Puy de Peyrearse, par rapport au col de Cabre.

De cet examen géologique rapide, il ressort que la plupart des collines les plus élevées du centre du massif cantalien ne sont pas des restes de coulées, provenant d'un grand et unique cratère, mais représentent des *volcans secondaires* édifiés sur les flancs d'un ou de deux *grands cônes principaux*.

HYDROLOGIE. — *Un nouveau type d'eaux minérales : les eaux nitratées.* Note de M. **Charles Lepierre**, présentée par M. Charles Moureu.

Les nitrates existent, en général, en petite quantité dans les eaux naturelles, et seulement sous forme de traces dans les eaux minérales profondes et bien captées : leur présence est pour l'hygiéniste la preuve d'une contamination par des matières animales ayant subi les transformations, aujourd'hui classiques, par stades fermentatifs successifs, de l'azote albuminoïde en azote amidé, azote ammoniacal, azote nitreux, azote nitrique, ce dernier constituant, avec l'azote libre, la phase ultime de la régression de l'azote organique à l'azote minéral.

J'ai eu récemment l'occasion d'étudier une eau minérale particulièrement riche en nitrates alcalins ou alcalino-terreux : l'eau d'Ericeira (Portugal) [1].

---

[1] Ericeira est une petite ville au nord de Lisbonne, édifiée au bord de l'Océan, sur les terrains secondaires (crétacique de Bellas) qui forment cette partie de la côte portugaise.

Cette eau minérale émerge du fonds d'un puits de 15^{m} de profondeur, à 50^{m} de la mer. Voici son analyse complète :

Eau d'Ericeira.

Eau froide (densité à 17°,8)	1,0020
Indice de réfraction (pris à 16°)	1,3334
Indice cryoscopique	$\Delta = 0°,20$
Résistivité	196 ohms
Conductibilité spécifique	511×10^{-5}
Alcalinité (solution, N/10 par litre)	51$^{cm^3}$,2

Groupement hypothétique des éléments (par litre).

	g
Chlorure de sodium	2,075
» de potassium	0,260
» de lithium	0,011
» d'ammonium	0,0005
Nitrate de sodium	0,657
» de calcium	0,027
Bromure de potassium	0,022
Iodure de potassium	0,0018
Fluorure de calcium	0,0002
Sulfate de magnésium	0,270
» de calcium	0,036
Bicarbonate de calcium	0,401 (1)
» de baryum	0,0003
» de strontium	0,0005
» de fer	0,012
» de manganèse	0,0002
Arséniate de sodium	0,000024
Borate de sodium	0,00009
Phosphate d'aluminium	0,00186
Silice	0,007
Anhydride titanique	0,00003
Matières organiques (en acide oxalique)	0,0086
Césium, rubidium	traces nettes
Minéralisation fixe	3,7999
Anhydride carbonique	0,10080
Substances dissoutes	3,9007
Nickel, cobalt, zinc, urane, cuivre, plomb, étain, bismuth, etc.	nuls en 30^{l}
	cm³
Gaz dissous à 0° et 760^{mm}. — CO^2 libre	50,9
Gaz dissous à 0° et 760^{mm}. — O^2	8,2
Gaz dissous à 0° et 760^{mm}. — N^2, Ar, etc	11,8

(1) En CO^3MH.

Cette eau contient donc $2^g,336$ de chlorures (64 pour 100 de la minéralisation), $0^g,686$ de nitrates (18,8 *pour* 100 *de la minéralisation*), puis des bicarbonates (11 pour 100), des sulfates (8 pour 100), etc.

La radioactivité est assez prononcée, elle est due à l'émanation du radium : 82,2 millimicrocuries par 10^l d'eau ; pas de sels de radium dissous.

Au point de vue bactériologique : quelques bactéries banales ; pas de colibacilles.

L'eau d'Ericeira est donc mésosaline, chlorurée sodique, nitratée, bicarbonatée calcique, bromurée, iodurée.

Les eaux potables de la ville ne renferment que des traces de nitrates. L'eau minérale n'a aucun contact avec la mer ; les eaux océaniques, du reste, sont, on le sait, très pauvres en nitrates. La présence de grandes quantités de nitrates est la caractéristique fondamentale de cette eau : 686^{mg} par litre ; cette teneur est peu influencée par les pluies.

Nous ne connaissons aucune eau minérale où les nitrates soient aussi abondants, et ce fait soulève le problème intéressant de l'origine probable de ces sels. La formation de ces nitrates a, pour nous, une origine très ancienne, contemporaine des terrains secondaires d'où l'eau jaillit ; il s'agirait d'un phénomène analogue à celui qui a donné naissance aux puissants gisements du Chili.

Plusieurs hypothèses ont été présentées (¹) pour expliquer l'origine du nitrate américain : 1° la théorie guanique d'*Ochesenius*, selon laquelle des lagunes auraient été transformées en lacs par surélévation orogénique ; le guano de la côte, transporté par les vents, aurait par oxydation donné des nitrates, intimement mélangés aux sels marins ; 2° *Noehlners* attribue la formation des nitrates aux varechs ; 3° la théorie électrique suppose la combinaison de l'azote de l'air par décharges électriques ; production de nitrate d'ammonium ; double décomposition avec le sel marin ; 4° la théorie microbienne de *Müntz* nous paraît la plus acceptable et s'applique parfaitement au cas de l'eau d'Ericeira ; les matières organiques azotées, végétales et animales, par nitrification, donnent du nitrate de calcium, accompagné de bromures, d'iodures, sels que nous avons dosés dans l'eau étudiée. Toutes les conditions de la nitrification se trouvaient réalisées à Ericeira : terrain calcaire, présence de grottes ou anfractuosités, résultant de l'action érosive de l'océan sur les falaises de la côte ; accumulation à l'époque mésozoïque

(¹) PLUVINAGE, *Industrie et Commerce des Engrais*, 1912, p. 18.

de végétaux et d'animaux dans ces cavernes; leur transformation en nitrates, ces derniers s'étant trouvés relativement protégés contre l'entraînement par les eaux pluviales par suite de la disposition heureuse des strates recouvrant les dépôts nitratés.

Il s'agit donc là d'un phénomène biochimique et hydrologique d'autant plus intéressant qu'à notre connaissance les conditions nécessaires à sa réalisation intégrale semblent fort rares. Au point de vue thérapeutique, l'emploi de ces eaux a conduit à d'excellents résultats dans certaines dermatoses, dans les gastrites hypochlorhydriques, dans l'albuminurie, etc.

CYTOLOGIE. — *Étude cytologique et microchimique des hématies cœlomiques de la* Terebella lapidaria (*Linné*). Note de M. **Marc Romieu**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

La présence d'hématies dans le liquide cavitaire de la *Terebella lapidaria* a été signalée par Claparède en 1868, en même temps que la coexistence de ces hématies cœlomiques avec un système circulatoire à sang rouge. Ces hématies ont été étudiées sommairement par M. Cuénot (¹) qui les décrit comme pourvues d'un contour arrondi ou légèrement ondulé et renfermant des granules jaunes et incolores rarement browniens. Il m'a paru intéressant de faire une étude plus attentive et plus complète de ces remarquables cellules. Voici le résultat de mes observations :

J'ai constaté tout d'abord que, contrairement à l'affirmation de Saint-Joseph (²), on ne trouve d'hématies que dans la lymphe périviscérale. Il n'y a pas de cellules comparables dans les vaisseaux où l'hémoglobine est en dissolution dans le plasma.

Les hématies de la *Terebella lapidaria* ont une forme très nette et très constante, celle de disques à bords tranchants ou mieux de lentilles biconvexes parfaitement circulaires. Elles ont par suite un profil fusiforme et, lorsqu'elles paraissent ovoïdes, c'est qu'elles sont vues obliquement. Le contour ondulé dont parle M. Cuénot est une altération due à l'hypertonie du milieu.

Malgré la parfaite régularité de leur forme, j'ai observé chez ces hématies

(¹) L. Cuénot, *Études sur le sang et les glandes lymphatiques* (*Arch. Zool. expér.*, 2ᵉ série, t. 9, p. 414).

(²) de Saint Joseph, *Annélides Polychètes des côtes de Dinard*, 3ᵉ Partie (*Ann. Soc. nat. Zool.*, t. 17, p. 204).

une remarquable malléabilité jointe à une élasticité notable. Elles sont capables, en effet, de s'étirer et de se rétrécir pour franchir les détroits, de s'incurver au contact d'autres cellules pour revenir ensuite assez brusquement à leur forme primitive.

J'ai trouvé pour ces globules des dimensions assez variables. Les plus nombreux ont un diamètre oscillant entre 15^{μ} et 20^{μ}, avec une épaisseur moitié moindre. Au voisinage du centre se trouve le noyau qui n'est jamais visible sur le vivant et n'apparaît qu'après fixation et coloration. C'est une vésicule de 5^{μ} à 6^{μ}, rarement sphérique, montrant une faible chromaticité. Seule la membrane nucléaire et quelques granulations situées à son contact se montrent colorables.

J'ai constaté dans les noyaux des hématies des phénomènes fréquents d'amitose. Les noyaux sont souvent étranglés en haltère ou subissent des clivages. On trouve même des formes complexes aboutissant à des amitoses multiples. Ces phénomènes sont surtout marqués dans les hématies les plus volumineuses. Correspondent-ils à un mode de reproduction de ces cellules ? Il serait imprudent de l'affirmer, d'autant plus que je n'ai jamais rien vu ressemblant à une division du cytoplasme.

Le corps cellulaire est entouré d'une fine membrane à double contour qui détermine la constance de la forme et l'élasticité du globule. Le contenu est fortement teinté en jaune par l'hémoglobine dont j'ai vérifié la présence par la réaction de Teichmann, et son état est certainement liquide. J'ai pu m'en rendre compte en observant sur le vivant les déformations des hématies circulant entre les œufs et suivant le déplacement des granules intérieurs.

Ces granules signalés par M. Cuénot sont assez volumineux pour mériter le nom de *sphérules*. J'en ai observé deux variétés : les unes sont incolores et assez abondantes, remplissant presque la cellule, les autres ont une teinte d'un brun rouge foncé et sont en général beaucoup moins nombreuses.

J'ai étudié les propriétés microchimiques de ces deux variétés de sphérules. J'ai vu que les premières (2^{μ} en moyenne), incolores et brillantes, sont solubles dans les solvants des corps gras. J'ai constaté que l'acide osmique les colore en gris. Traitées secondairement par l'alcool, elles prennent une teinte noire. J'ai pu les teindre d'une façon élective par le Soudan III. Il n'est pas douteux qu'il s'agit ici d'inclusions graisseuses. L'iode colore les hématies en bleu foncé, ce qui est encore un caractère des graisses.

Quant aux sphérules brunes (2^{μ} à 3^{μ} et plus) j'ai vu qu'elles sont formées d'une coque fortement colorée en brun rouge, le contenu paraissant incolore. La teinte brune disparaît rapidement par l'acide acétique, plus lente-

ment par l'alcool fort. Elle devient rougeâtre par l'acide chlorhydrique. Les sphérules sont solubles à chaud dans la potasse à 5 pour 100 et dans l'acide chlorhydrique étendu. La réaction du fer de Macallum m'a toujours donné un résultat négatif. Opérant sur un culot de globules rouges, j'ai pu obtenir par contre la réaction de la murexide et celle de Gorup-Besanez, ce qui me permet de penser que les sphérules brunes sont formées de corps puriques. Elles doivent être rapprochées des concrétions décrites par Eisig (¹) dans les hématies des Capitellides, que cet auteur a considérées comme très probablement de nature excrétrice.

J'ai étudié avec soin les phénomènes de laquage de l'hématie. En ajoutant peu à peu de l'eau distillée à de l'eau de mer, on voit tout d'abord la cellule augmenter de volume, perdre sa forme lenticulaire pour devenir sphérique. Puis la coloration jaune pâlit, jusqu'à disparaître, la cellule devenant transparente et à peine visible.

J'ai constaté que les sphérules qui bourrent l'hématie sont chassées vers un pôle de la sphère où elles se trouvent tassées par la pression intérieure, pression qui peut devenir assez grande pour que la cellule éclate, mettant en liberté les sphérules qu'elle contient.

Des observations qui précèdent, il résulte que l'hématie de la *Terebella lapidaria* montre une structure fort remarquable avec sa membrane élastique, son noyau peu chromatique souvent en amitose, ses inclusions graisseuses baignant dans un milieu liquide riche en hémoglobine, et ses granulations excrétrices comparables à des grains chloragogènes.

ZOOLOGIE. — *Le noyau des perles fines*. Note de M. **Louis Boutan**, présentée par M. Marchal.

Je me propose, dans cette Note, d'étudier le noyau des perles fines et de rechercher si ce noyau a une influence sur les qualités superficielles des perles fines.

Les naturalistes sont loin d'être d'accord sur le noyau des perles fines. Il est certain que dans beaucoup de cas on retrouve les traces d'un corps étranger, grain de sable, parasite, œuf, etc.; pourtant, quelquefois, le centre de la perle ne présente qu'une vacuole centrale, si bien que certains observateurs ont prétendu qn'il n'y avait pas de noyau du tout.

(¹) H. Eisig, *Monographie der Capitelliden des Golfes von Neapel. Fauna und Flora des Golfes von Neapel*, t. 16.

Cette discussion me paraît être une question de mots.

Qu'il y ait ou non un corps étranger dans la perle ou une simple vacuole, personne ne peut nier que sur une coupe de perle fine on ne distingue facilement une partie centrale et une partie périphérique d'aspect très différent; la portion centrale étant toujours plus fortement colorée, d'aspect plus rude et plus opaque que les couches superficielles.

Pour mettre tout le monde d'accord, on peut donc dire qu'il existe toujours un noyau dans les perles, mais que, dans le premier cas, il y a un noyau primaire et, dans le second cas, seulement un noyau secondaire, le noyau primaire ayant disparu ou n'ayant jamais existé.

Il semblait assez difficile de mettre en évidence l'influence du noyau sur les qualités superficielles de la perle fine. Comment, en effet, faire traverser la perle, ce petit corps sphérique, par un faisceau lumineux et interpréter ensuite les modifications que l'on pourrait constater, en faisant la part du rôle joué par les couches superficielles et par les couches profondes de la perle?

Grâce à un bon matériel, mis à ma disposition par M. Pohl, de perles complètes de culture japonaise, *perles qui présentent toutes les qualités superficielles des perles fines*, j'ai pu faire des observations concluantes.

Une de ces perles, ronde, d'un diamètre de 4^{mm} environ, a été sciée, comme une orange dont on détache un seul quartier. On a obtenu ainsi, d'un côté, les trois quarts de la perle contenant les trois quarts du noyau; de l'autre, un quartier (représentant environ un quart de la perle) contenant son fragment de noyau.

Grâce à la forme de ce quartier, il a été facile de détacher la partie adhérente au noyau et de garder seulement la calotte superficielle qui a la forme d'une lentille convexe du côté extérieur, concave du côté intérieur.

Observations. — La petite lentille, ainsi obtenue, est placée dans une chambre noire, sur la platine d'un microscope. Un dispositif permet d'éclairer l'appareil condensateur de lumière au-dessous du microscope, ou d'éclairer la surface de la platine, ou d'éclairer à la fois, en dessus et en dessous. Le grossissement fourni par le microscope est de 7 diamètres environ.

1° Si l'on éclaire seulement en dessous, la calotte apparaît comme une surface lumineuse, lisse, translucide, colorée en rose orangé.

2° Si l'on éclaire seulement en dessus, la calotte montre les particularités caractéristiques de la surface de la perle fine (bosselures, pointillé, lignes sinueuses, etc.).

3° Si l'on éclaire en dessus et en dessous, l'aspect reste le même que dans l'observation n° 2.

4° Si l'on remet en place le fragment du noyau, ou des fragments diversement colorés en rouge, vert, bleu, etc., en procédant comme au n° 1, on aperçoit une zone sombre au milieu de la surface lumineuse colorée en rose orangé. Dans *tous les autres cas l'influence du noyau est nulle.*

En résumé, on peut conclure de cette série d'observations que les qualités de surface des perles fines ne sont nullement influencées par la présence d'un noyau dans leur intérieur, l'éclairage direct étant d'ailleurs le seul possible dans les perles plus ou moins sphériques et non transparentes.

Cette démonstration, ayant été faite à l'aide d'une perle de culture, où la taille du noyau est sensiblement au-dessus de la moyenne, est valable, à plus forte raison, pour les perles naturelles où le noyau est moins développé.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La répartition du zinc dans l'organisme du poisson.* Note de M. **M. Bodansky**, présentée par M. E. Roux.

Dans de précédentes Communications, Rose et Bodansky (1), puis Bodansky (2), ont rapporté les résultats de leurs recherches sur la présence du cuivre et du zinc dans les animaux marins. Ces auteurs ont fait remarquer que les métaux en question sont présents en proportions plus grandes chez certains invertébrés, où ils fonctionnent probablement comme constituants essentiels des protéides respiratoires, que chez les vertébrés marins. Les mêmes auteurs ont toutefois attiré l'attention sur la haute disproportion de la teneur en zinc du « catfish » (Siluridés), fait qu'ils ont attribué à l'alimentation particulière de cette espèce. Ils ont aussi étudié la répartition du cuivre et du zinc dans la crevette et dans l'huître et ils ont exprimé l'intention de soumettre à un examen détaillé les tissus de quelques-unes des espèces les plus élevées des animaux marins.

Les résultats accumulés jusqu'ici font ressortir comme tout à fait probable que le cuivre et le zinc jouent l'un et l'autre des rôles importants dans les phénomènes vitaux, sans doute en rapport avec la catalyse. Les études de Bertrand et Vladesco sur la répartition du zinc dans l'organisme du cheval démontrent la mobilité du métal dans les tissus animaux (3).

(1) *J. Biol. Chem.*, t. 44, 1920, p. 99.

(2) *Ibid.*, p. 399.

(3) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 744.

Un autre point intéressant, qui a été observé par Bertrand et Vladesco [1], est que la proportion de zinc est plus grande dans les tissus des jeunes animaux que dans ceux des animaux âgés. Les analyses de quatre cerveaux humains adultes et d'un cerveau de fœtus, par l'auteur de cette Note [2], montrent que l'accumulation du cuivre et du zinc est plus rapide pendant la vie utérine qu'après la naissance.

En vue de compléter nos connaissances en ce qui concerne l'accumulation du zinc dans les tissus animaux, nous présentons les résultats des analyses de deux poissons, le « catfish » (*Ailurichtys marinus*), lequel a été antérieurement montré contenir de grandes quantités de zinc, et le « red snapper » (*Lutjanus aya*), qui renferme des proportions de zinc trouvées normalement dans les tissus animaux. Le cuivre était présent en si petites quantités qu'une détermination exacte n'a pu être faite.

Un « red snapper », pesant 5^{kg}, a été disséqué en un certain nombre de fractions, et des quantités pesées de tissus frais ont été analysées suivant une méthode récemment élaborée au laboratoire en vue de ces recherches [3] :

Tissus.	Zinc en milligrammes dans 1^{kg} de tissu frais.
Muscles	2,3
Vessie natatoire	3,6
Branchies	5,6
Nageoires et queue	10,0
Peau	10,6
Squelette	16,5
Arcs branchiaux	18,4
Estomac	19,1
Rate (6 animaux)	43,5
Foie	55,5

On remarquera que le foie et la rate apparaissent comme les endroits les plus importants d'accumulation du zinc chez le « red snapper ». Les parties squelettiques, comme les arcs branchiaux, les vertèbres et les côtes, contiennent proportionnellement plus de zinc que d'autres tissus tels que les muscles, où la teneur en zinc est seulement de $2^{mg},3$ par kilogramme.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 768.
(2) *J. Biol. Chem.*, t. 38, 1921.
(3) *J. Ind. Eng. Chem.*, t. 13, 1921, p. 696.

Dans les expériences sur le « catfish », on a opéré sur deux individus, un du poids de 390^g et l'autre de 260^g. Dans cette espèce, le foie a été trouvé aussi comme un endroit important d'accumulation, mais la plus grande proportion de zinc a été rencontrée dans le squelette. Le tissu musculaire de cette espèce ne renferme, comme celui de la précédente, que des quantités relativement petites de zinc.

Tissus.	Zinc en milligrammes pour 1^{kg} de tissu frais.
Muscles	8,1
Nageoires et peau	12,2
Foie	31,0
Squelette	93,0
Branchies et arcs branchiaux	102,5

MICROBIOLOGIE. — *Recherches sur les microbes producteurs d'acétone.* Note de M. **Albert Berthelot** et de Mlle **E. Ossart**, présentée par M. E. Roux.

Avant d'aborder l'étude des microbes acétonogènes, aérobies et anaérobies, qui vraisemblablement font partie de bien des flores intestinales, nous avons entrepris d'établir si les germes analogues aux anaérobies facultatifs qui ont été étudiés par Schardinger, Bréaudat, Mezzadroli et Northrop sont très répandus dans la nature. Pour cela, nous avons tout d'abord isolé, à l'aide de milieux riches en sucres et contenant l'azote sous forme de peptone pancréatique, d'acides aminés, d'amides, d'amines ou de sels ammoniacaux, de nombreux microbes aérobies capables d'attaquer aussi énergiquement les hydrates de carbone que les substances azotées simples. Nos essais ont porté sur 48 échantillons de matières les plus diverses (terres, eaux résiduaires, boues, excréments d'animaux, scories de lits bactériens, fumier, tubercules, racines, débris de végétaux en décomposition, etc.) qui nous ont fourni 217 germes. Nous avons ensemencé ceux-ci dans de l'eau peptonée glucosée et dans une bouillie fluide de pomme de terre ou de riz; après un séjour variable à l'étuve à 37° (deux à huit jours) nous avons recherché l'acétone dans les cultures, d'abord directement à l'aide du nitroprussiate de sodium, en comparant avec des témoins stériles, puis, dans la liqueur obtenue par distillation, en employant le même réactif ainsi que la solution iodo-iodurée, le sulfate mercurique et l'orthonitrobenzaldéhyde. Dans ces conditions, nous avons constaté

que 56 microbes produisaient de l'acétone aux dépens de l'amidon du riz ou de la pomme de terre et que, sur ce nombre, 18 en donnaient également en eau peptonée glucosée. Parmi ces 56 germes acétonogènes nous en avons trouvé 24 appartenant aux groupes des *B. subtilis* et *B. mesentericus;* les autres se répartissaient en 27 bacilles et 5 microcoques que nous n'avons pas encore déterminés. Enfin 49 de ces microbes ont formé des spores sur gélose glucosée à 2 pour 1000.

Les bactéries aérobies capables de produire de l'acétone en attaquant les hydrates de carbone sont donc assez communes, mais celles qui possèdent un pouvoir acétonogène élevé sont certainement rares. La plupart des cultures que nous avons examinées ne contenaient que des traces d'acétone; dans trois seulement ce corps était en quantité dosable. Cultivée, pendant 8 jours à 37°, dans une bouillie de pommes de terre où elle se développait abondamment, l'espèce la plus active n'a fourni que 2^g d'acétone par litre de milieu (¹).

Nos recherches nous ont également permis de constater que le pouvoir acétonogène est très sensible à l'influence des changements de milieu et que, pour un même germe, dans les mêmes conditions d'aération et de température, le rendement de l'acétone et la vitesse de formation de ce composé varient parfois considérablement pour de légères modifications de la réaction ou de la composition qualitative et quantitative des liquides nutritifs. C'est ainsi qu'une dizaine de germes isolés sur des pommes de terre et qui primitivement produisaient en 48 heures des quantités notables d'acétone dans une bouillie de ces tubercules ou sur riz n'en donnaient plus, même au bout de 8 jours, dans les mêmes milieux, après 10 passages effectués en 1 an sur gélose peptonée glucosée. Leur action caractéristique n'était d'ailleurs qu'affaiblie, car après quelques passages sur riz additionné de traces de malto-peptone elle s'est manifestée de nouveau, mais très tardivement. Des traces de glucose, une faible proportion de peptone de viande favorisent le développement, mais gênent grandement l'action d'un de nos microbes sur l'amidon, alors qu'elle est, au contraire, très nettement favorisée par les matières azotées de l'extrait de touraillons.

La connaissance de cette variabilité du pouvoir acétonogène est utile, car elle permet d'admettre que, parmi les germes que nous avons examinés et

(¹) Bien entendu nous prenions la précaution de placer une feuille de papier d'étain, maintenue par une bague de caoutchouc, sur l'ouverture de nos ballons de culture, déjà bouchés à l'ouate.

qui ne nous ont point donné d'acétone, dans les conditions de nos expériences, il y en avait qui possédaient quand même, atténuée et masquée par le changement de milieu, la propriété biochimique que nous voulions mettre en évidence. Il est possible également, en aérant les cultures ou en y raréfiant l'oxygène, ainsi qu'en faisant varier tous les éléments des milieux favorables, que l'on parvienne à déterminer un ensemble de conditions convenant particulièrement bien à la formation de l'acétone. Peut-être aussi que des passages dans ces milieux de choix permettront d'exalter la fonction acétonogène des germes peu actifs. Enfin, pour les mêmes raisons, il est vraisemblable que la recherche des bactéries, capables de produire de l'acétone, donnera une proportion plus élevée de résultats positifs quand on disposera d'une réaction spécifique plus sensible que celles dont on se sert actuellement.

Quoi qu'il en soit, à côté des germes anaérobies si actifs dont les travaux de M. A. Fernbach ont permis l'utilisation industrielle, il existe dans la nature, répandus à la surface de nombreux aliments végétaux, beaucoup d'autres microbes, aérobies ou anaérobies facultatifs, doués également, mais à un moindre degré, du pouvoir acétonogène. Très souvent des germes producteurs d'acétone doivent pénétrer dans notre tube digestif et s'y développer, surtout à la faveur des spores que la plupart d'entre eux possèdent; il ne sera donc pas inutile de rechercher s'ils s'y maintiennent et quel rôle ils peuvent y jouer.

MICROBIOLOGIE. — *L'immunité dans les ectodermoses neurotropes.* Note de **MM. C. Levaditi et S. Nicolau**, présentée par M. E. Roux.

Nous désirons exposer dans cette Note les principales conclusions qui, pour l'instant, se dégagent de nos recherches sur l'immunité dans les ectodermoses neurotropes, à savoir : les maladies provoquées par les ultravirus de l'*herpès* et de l'*encéphalite*, d'une part, de la *vaccine* et de la *rage*, d'autre part.

Nous avons établi précédemment, avec M. Harvier (¹), que l'ultravirus de l'encéphalite et sa variété herpétique offrent des affinités, non seulement pour la cornée et le système nerveux central, mais aussi pour le revêtement épithélial de la peau. Ces virus s'attaquent à ces trois territoires de l'ecto-

(¹) Levaditi, Harvier et Nicolau, *C. R. de la Société de Biologie*, 1921, t. 85, p. 289.

derme pour y engendrer des lésions caractéristiques, kératite, encéphalite et éruption papuleuse épidermique. De plus, déposés sur l'un de ces territoires, ils empiètent sur l'autre : ainsi, la kératite est suivie d'encéphalite, de même que l'éruption épidermique est le point de départ d'une nevraxite. La marche de l'infection d'un secteur à l'autre s'opère le long des nerfs (Levaditi et Harvier).

Comment se comportent ces trois secteurs ectodermiques au point de vue de l'immunité? On sait que la cornée, guérie de kératite, devient réfractaire à une seconde inoculation d'épreuve [Lœwenstein (1), confirmé par Doerr et Schnabel (2) et par Blanc (3)]. Nous démontrons qu'il en est de même du revêtement cutané : la peau d'un animal dont l'éruption cutanée est cicatrisée se montre réfractaire à l'égard d'une infection épidermique ultérieure (absence d'exanthème papuleux). L'immunité ne se traduit pas seulement par l'absence de réaction locale : *le système nerveux* participe lui aussi à cette immunité, attendu que les lapins vaccinés par la voie cutanée ou cornéenne et réinfectés par la même voie *survivent*, alors que les témoins succombent infailliblement.

On pourrait supposer que le germe, déposé sur la cornée ou sur l'épiderme « vaccinés », y est détruit localement et ne parvient pas à atteindre les centres nerveux, pour y engendrer l'encéphalite. Les animaux immunisés survivraient non pas parce que leur nevraxe est réfractaire, mais parce que le microbe est anéanti au niveau de sa porte d'entrée (comme si l'on avait fermé hermétiquement cette porte). Or, il n'en est rien, car l'*introduction du germe directement dans le cerveau est inoffensive,* dans les conditions où elle détermine la mort des témoins par encéphalite.

Ce fait, observé aussi par Dœrr, montre que *l'état réfractaire d'un des segments externes de l'ectoderme, principalement la cornée, entraîne un état analogue du segment interne, représenté par la portion invaginée de cet ectoderme, qui est le nevraxe.*

Comment se comportent l'un vis-à-vis de l'autre les deux territoires ectodermiques de l'enveloppe extérieure, la cornée et l'épithélium cutané?

Nos expériences montrent que celui de ces territoires qui est aux prises avec le virus se vaccine le premier et ne détermine, du côté de l'autre territoire, qu'une immunité passagère, souvent presque nulle. Ainsi, la cornée inoculée et immunisée solidement, ne provoque pas toujours un état sem-

(1) Lœwenstein, *Münch. med. Woch.*, 1919, p. 769.

(2) Doerr et Schnabel, *Schweiz. med. Woch.*, nos 20 et 24, 1921.

(3) Blanc et Caminopetros, *C. R. de la Soc. de Biologie*, t. 84, no 12 et suivants.

blable de la cornée opposée, ou de la peau. Ces dernières se montrent plus ou moins réfractaires au début; mais elles récupèrent bientôt toute leur sensibilité normale, alors que la cornée infectée continue à être résistante. Il en est de même lorsque l'inoculation du virus a lieu au niveau du revêtement cutané; l'état réfractaire de ce revêtement n'entraîne pas forcément un état analogue du côté des deux cornées.

Tout se passe comme si les secteurs extérieurs de l'ectoderme se vaccinaient chacun pour son propre compte. Il se crée ainsi, à l'endroit infecté, une *immunité locale primaire* qui retentit sur l'autre territoire, en prenant l'aspect d'une *immunité secondaire* atténuée et éphémère. La vaccination active d'un de ces territoires entraîne l'état réfractaire du système nerveux central. En d'autres termes, *la cornée ne vaccine pas solidement la peau, la peau ne vaccine pas la cornée, tandis que toutes deux*, et *principalement la première, vaccinent le nevraxe.*

Par quel mécanisme? Il ne saurait être question ici d'une immunité humorale. Nos recherches et les constatations de Blanc montrent que le sérum des animaux vaccinés par la voie cornéenne n'est pas bactéricide *in vitro. C'est l'infection locale qui engendre l'état réfractaire local.* Nous en avons la preuve dans ce fait que chez les lapins sacrifiés en pleine période d'immunité cornéenne, alors qu'ils paraissent en bon état de santé, le cerveau montre des lésions intenses d'encéphalite chronique, *tout en étant absolument dépourvu de virus.* Ceci prouve que ces animaux ont contracté une infection encéphalo-médullaire concomitante de la kératite ou de la dermite, dont ils ont guéri et qui s'est traduit ultérieurement par l'état réfractaire du nevraxe.

Au point de vue de l'immunité acquise, chacun des trois secteurs de l'ectoderme se comporte donc comme autant d'individualités travaillant chacune pour son propre compte. Notre virus vaccinal neurotrope ([1]) nous permet de transporter dans le domaine de la vaccine les données qui précèdent. On sait déjà [Huckel ([2]), Paschen ([3])] que l'immunité vaccinale cornéo-cutanée revêt un caractère local frappant. En est-il de même de l'état réfractaire du nevraxe? C'est ce que nous montrerons ultérieurement.

([1]) Levaditi, Harvier et Nicolau, *C. R. Soc. Biol.*, t. 85. 1921, p. 245.

([2]) Huckel, *Die Vaccinekörper*, 1898.

([3]) Paschen, *Jahresb. der deutsch. Impfanstalten*, 1903; *Med. stat. Mitt. der Kaiserlich. Gesundheit.* Cf. également Prowazek, Jurgens, Kraus et Volk, etc.

D'un autre côté, la *rage* rentre dans le cadre des ectodermes neurotropes (Levaditi, Harvier et Nicolau); des expériences nouvelles préciseront si l'infection rabique comporte des états réfractaires locaux et s'il est possible de vacciner le cerveau par la voie cornéenne ou épidermique.

Il s'agit là évidemment de faits qui paraissent exclure du cadre des immunités phagocytaires et humorales l'état réfractaire consécutif à l'infection par les virus des ectodermoses neurotropes. Nous pensons que le système nerveux central et périphérique doit jouer un rôle important, peut-être capital, dans la genèse de ces immunités locales (*neuro-immunités segmentaires métamériques*).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *De la toxicité des métaux pour les levures et les moisissures.* Note [1] de M. et Mme G. **Villedieu**, présentée par M. P. Viala.

Dans des Notes antérieures nous nous sommes efforcés de démontrer que les composés cupriques devaient leur toxicité pour les levures et les moisissures :

1° Lorsqu'ils étaient à l'état de sels minéraux, à leur dissociation hydrolytique et à la mise en liberté progressive des trois quarts de l'acide minéral de ces sels;

2° Lorsqu'ils étaient à l'état d'oxydes, à leur fonction basique.

Un certain nombre d'auteurs allemands (Nathan, Schmid et W. Fuchs), et tout récemment Karl Schweizer, ont noté que le cuivre mis dans des liquides nutritifs ou des géloses acides, stérilisait partiellement à son contact immédiat les microorganismes ensemencés; ils en concluaient à la toxicité du cuivre pour ces microorganismes.

Il nous a semblé que cette interprétation pouvait être erronée et qu'il y avait lieu d'examiner ce qui se passe quand on introduit dans les mêmes milieux des métaux dont les sels sont moins toxiques, pour les microorganismes, que ceux de cuivre, ou même nécessaires à leur vie, comme les composés magnésiens.

Or il nous a été donné de constater que si l'on admettait l'explication de Schweitzer, le magnésium deviendrait un métal infiniment plus toxique que le cuivre lui-même.

---

(1) Séance du 24 octobre 1921.

Nous avons admis que les moisissures et les levures (végétal) vivant sur des êtres ou des débris d'êtres organisés, n'y peuvent rencontrer aucun acide minéral libre et nous avons, pour étudier sur elles l'action des métaux, choisi un milieu spécial (acide citrique 3g, citrate d'ammoniaque 5g, phosphate de potasse 1g, sulfate de magnésium 0g,50, carbonate de calcium 0g,20. Traces de silicate de potasse et des sulfates de : fer, aluminium, manganèse et zinc; saccharose 50g, gélose 30g et eau quantité suffisante pour 1000^{cm^3}.)

Cette gélose possède une acidité correspondant à celle d'une solution $\frac{N}{20}$ environ et cette acidité est entièrement organique et convient aux levures comme aux moisissures.

Dans nos expériences nous avons étudié l'action des métaux suivants :

Magnésium, fer, zinc, cuivre, mercure. Dans des boîtes de Petri on place une plaquette de métal et on coule sur elle une mince couche de gélose recouvrant également le fond de la boîte; pour le mercure on l'émulsionne grossièrement au préalable avec la gélose et on le coule presque froid de façon à obtenir un mélange homogène.

Le tout a été ensemencé en série : 1° avec une levure de distillerie; 2° avec du mucor mucedo; 3° avec du penicillium. Toutes les boîtes ont été maintenues à 25° environ.

Dès le lendemain de l'ensemencement on note que la levure s'est développée sur les témoins et sur la gélose environnant les plaques métalliques, mais ici il y a lieu de noter une différence nette suivant les métaux.

1° Sur le magnésium, aucune trace de la levure; la boîte elle-même est presque entièrement stérile;

2° Sur le fer même observation, mais ici la culture commence à quelques millimètres de la plaque;

3° Sur le zinc lui-même, les cultures n'apparaissent que très rarement, mais les bords sont enserrés étroitement et quelquefois les colonies mordent sur la plaque;

4° Sur la plaque de cuivre le développement est difficile, extrêmement ralenti, mais sur les bords il est très abondant;

5° Sur le mercure la levure vit plus difficilement que sur le témoin, mais elle se développe beaucoup mieux que sur le cuivre ou le zinc.

Avec les moisissures essayées, les mêmes phénomènes se répètent plus lentement, moins brillants peut-être, car en ensemençant les boîtes pour levures avec deux lignes cruciales, il est facile de suivre nettement le développement des phénomènes indiqués.

Ici, contrairement aux conventions établies, nous devons donc admettre que l'ordre de toxicité des métaux pour les levures et les moisissures est dans l'ordre de croissance : mercure, cuivre, zinc, fer et magnésium. Cette simple expérience montre la fragilité des conclusions des auteurs allemands, puisqu'au préalable la gélose employée contenait du sulfate de magnésium et que le magnésium paraît le plus toxique de tous. Ce fait, qui peut sembler anormal, s'explique simplement : le métal attaque plus ou moins facilement le liquide acide en contact avec lui, pour donner un

citrate et cette production de sel ne va pas sans un phénomène de réduction, dû à l'hydrogène naissant produit dans la réaction, et qui absorbe l'oxygène libre ou libérable de la gélose ; on voit d'ailleurs nettement l'attaque du métal.

Or, depuis Pasteur, on sait que les levures, comme d'ailleurs les moisissures, ont besoin d'une grande quantité d'oxygène pour vivre. Cette toxicité apparente des métaux, due dans ce cas en réalité à une action chimique où n'intervient pas la levure, action dont l'ampleur est fonction de l'affinité du métal pour l'acide, cette toxicité doit croître du mercure (métal peu attaquable dans ces conditions) au magnésium en passant par le cuivre, lui-même en cette occasion moins actif que le zinc ou le fer. Ceci peut expliquer aussi l'action des vases de cuivre et des objets en cuivre sur les levures.

Il faut noter que les citrates formés dans ces réactions ne sont nullement toxiques pour les levures ou les moisissures, car on peut ajouter ces sels directement à la gélose sans que les microorganismes en paraissent souffrir (sauf pour le mercure qui ne donne pas de citrate stable en solution). Ces citrates sont ionisés par l'eau comme les sels minéraux des métaux ; leurs solutions présentent les réactions de leurs métaux respectifs comme les solutions de chlorures ou de sulfates de ces derniers ; si l'on fait passer un courant électrique dans une solution de citrate métallique, les ions métal se dirigent immédiatement vers la cathode où ils se déposent : il n'y a donc pas dans ces sels combinaison complexe du métal. On voit alors que lorsque l'acide choisi est habituellement consommé par les levures ou les moisissures, le métal est accepté à des doses si élevées (jusqu'à 1 pour 100) qu'on ne peut plus admettre qu'il est toxique. Il en a été ainsi pour les métaux cités plus haut.

La toxicité ne dépendant plus du métal, les sels minéraux en solution ne doivent alors leur toxicité pour les microorganismes qu'à la facile libération de leur acide, libération qui peut s'effectuer lentement et d'une manière continue pour la plus grande partie de l'acide dans des conditions favorables. D'autre part les oxydes ou les sels basiques formés dans ces réactions, nous l'avons dit antérieurement, ne permettent pas le développement des moisissures ou des levures lorsqu'ils sont en contact immédiat avec elles.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la désensibilisation des animaux anaphylactisés au moyen de plusieurs antigènes.* Note de MM. **Auguste Lumière** et **Henri Couturier**, présentée par M. E. Roux.

Une particularité généralement admise, touchant la désensibilisation des sujets anaphylactisés, est formulée de la façon suivante dans le *Nouveau Traité de Médecine* de Roger, Widal et Teissier (¹).

« On sait qu'un animal peut être sensibilisé en même temps pour plusieurs antigènes, plusieurs sérums par exemple, ou sérum et blanc d'œuf, etc. Or, si l'animal vient à subir une injection d'un de ces antigènes qui détermine un phénomène de choc atténué, il est, du même coup, désensibilisé pour ces divers antigènes vis-à-vis desquels il était en état d'anaphylaxie. Il y a là un phénomène curieux et dont il importe d'avoir présente à l'esprit la possibilité dans certains faits cliniques. »

C'est sur ce principe que semble fondée la colloïdoclasothérapie dont les résultats sont loin d'être démonstratifs.

Cette thèse ne s'accorde d'ailleurs pas avec d'autres observations; elle est notamment contraire à l'idée de spécificité de l'anaphylaxie que de nombreuses constatations paraissent démontrer d'autre part.

Nous avons pensé que cette contradiction pouvait provenir d'une interprétation erronée d'expériences incomplètes et nous avons entrepris une nouvelle série d'essais en vue d'apporter quelque éclaircissement à cet intéressant problème.

Un lot de cobayes a été sensibilisé le 22 août par injection sous-cutanée de $0^{cm^3},5$ de la solution suivante :

Albumine d'œuf desséché	1^g
Sérum de cheval	2^{cm^3}
Eau salée isotonique	100^{cm^3}

Le 4 septembre, ces animaux étaient efficacement sensibilisés pour les deux antigènes : sérum de cheval et ovalbumine. A cette date, en effet, l'injection dans le cœur gauche, soit de $0^{cm^3},5$ de sérum de cheval non dilué, soit de $0^{cm^3},5$ de solution d'albumine à 3 pour 100, déterminait leur mort en quelques minutes.

Le même jour, nous avons injecté sous la peau de six de ces animaux 1^{cm^3} de solution d'albumine à 3 pour 100 à 11^h, puis 2^{cm^3} à 13^h.

L'injection intracardiaque de $0^{cm^3},5$ de la même solution, suffisante pour tuer les

(¹) *Nouveau Traité de Médecine*, fasc. 8 : *Troubles et maladies déterminées par l'anaphylaxie*, p. 101. Masson, édit., 1921.

témoins, ne détermine plus chez les sujets vaccinés que de légers troubles : prurit, hoquet accompagnés de quelques convulsions passagères.

Trois de ces cobayes ayant été traités par les injections protectrices d'ovalbumine, reçoivent alors à $17^h 30^m$ $0^{cm^3},5$ de sérum de cheval qui se montre complètement inoffensif et, à en juger par ce premier résultat, on pourrait croire que les injections albumineuses subintrantes ont désensibilisé aussi ces animaux vis-à-vis du sérum; mais il n'en est rien car le lendemain les trois autres cobayes désensibilisés en même temps par l'albumine avaient conservé toute leur sensibilité pour le sérum de cheval.

Inversement, l'expérience a été reprise en désensibilisant tout d'abord par des doses subintrantes de sérum; pendant 20 heures, les animaux ains traités sont demeurés insensibles non seulement aux injections intracardiaques d'ovalbumine, mais aussi au choc oléique et barytique, ainsi qu'à tout autre choc par contact; passé ce délai, l'administration de l'albumine dans le cœur gauche les tue infailliblement.

Le fait de désensibiliser des animaux vis-à-vis d'un premier antigène, au moyen d'injections subintrantes, ne les met nullement à l'abri du choc que peut déterminer, 20 heures plus tard, l'injection du second antigène pour lequel il avait été sensibilisé; ils conservent toute leur sensibilité et sont seulement protégés, d'une façon temporaire, contre tout choc, pendant cette courte période : c'est cette accoutumance momentanée qui a pu faire croire à d'autres expérimentateurs que la vaccination par un seul antigène entraînait la désensibilisation vis-à-vis des autres.

La spécificité de l'anaphylaxie est donc bien réelle, et nos expériences viennent, une fois de plus, confirmer la théorie du choc telle que nous l'avons conçue.

MÉDECINE. — *La crise hémoclasique du mal des irradiations pénétrantes.* Note de Mlle **Marthe Giraud**, MM. **Gaston Giraud** et **G. Parès**, présentée par M. Widal.

Les observations et les expériences antérieures, en particulier celles d'Aubertin et Baujard, ont établi que l'organisme irradié réagit en général à l'action des rayons X par une hyperleucocytose transitoire suivie d'une leucopénie de leucolyse.

De très faibles irradiations peuvent n'engendrer qu'une hyperleucocytose prolongée, surtout lymphocytaire (expérimentation américaine). De fortes irradiations, au contraire, peuvent supprimer le stade *hyper* et engendrer une leucopénie immédiate. Tels sont les faits acquis à ce jour.

Nous avons observé à plusieurs reprises chez certains irradiés un processus humoral un peu différent. Un leucémique myélogène, en particulier, traité depuis cinq ans par la radiothérapie et demeuré pendant quatre ans en état de tolérance parfaite, paraît depuis quelques mois sensibilisé à l'action des rayons. Chaque séance est pour lui l'occasion d'accidents immédiats mais peu graves : état nauséeux, vomissements, malaise général, gêne respiratoire, sensations vertigineuses; cet état se dissipe après 12 à 18 heures. Bien que la dose de rayons employée soit de 5 unités H sous une filtration de 5^{mm} d'aluminium, on peut reconnaître là une modalité du *mal des irradiations pénétrantes* de Béclère (Röntgenkater des Allemands).

A cette crise clinique correspond une véritable crise sanguine avec leucopénie brusque et chute de la tension artérielle. Le 16 juillet, par exemple, nous relevons un équilibre préalable de 47000 globules blancs; nous lisons après l'irradiation 35000 (après 20 minutes), 35000 (après 40 minutes), 46000 (après 1 heure). La tension artérielle varie de 16-8,5 à 14,5-7 et 15,5-8. Ce sont là les stigmates précis d'une *crise hémoclasique* de Widal. Nous les avons retrouvés chaque fois.

Le 18 juillet l'équilibre était fixé à 37000 et les débris nucléaires étaient abondants dans le sang.

Nous avons donc enregistré d'abord une *leucopénie immédiate très temporaire, avec hypotension artérielle, leucopénie de choc, leucopénie par variation de la répartition topographique sanguine des cellules*, suivie très tôt *d'un retour au point de départ;* puis une *leucopénie secondaire, progressive et équilibrée, leucopénie de leucolyse*, anciennement connue celle-là, et recherchée thérapeutiquement.

Comme dans les crises radio-pénétrantes, nous avons observé une baisse des globules rouges à la suite des séances mal tolérées.

Ajoutons que l'épreuve de la protéopexie alimentaire s'est montrée négative, en dehors de toute irradiation, chez le leucémique que nous venons de prendre pour exemple.

Le mal des irradiations pénétrantes comporte donc une part certaine de choc humoral, de déséquilibre colloïdal dont nous apportons la preuve, choc indépendant du malaise qu'impose au malade une surcharge électrique et qu'on peut éviter en le mettant à la terre [1]. Ce choc colloïdoclasique a son expression clinique et son expression sanguine.

Il est vraisemblable d'imputer ce choc, à la libération (par leucolyse ou

---

[1] SCHRUMPF-PIERRON, *Biologie*, t. 2, 1921, p. 7.

d'une façon générale *par cytolyse*) d'albumines globulaires ou tissulaires, *hétérogénéisées*, et dont Loeper vient de mettre en évidence le passage dans les humeurs sous l'influence de la radiothérapie.

Les accidents éclatent en général du fait de l'emploi des fortes irradiations très destructrices d'emblée, mais ils peuvent survenir pour de faibles doses chez les sujets qu'ont sensibilisés des applications antérieures; ils éclatent alors dès le début de la séance d'irradiation profonde; la cytolyse à ce moment est encore trop minime pour s'exprimer par une hypoglobulie de leucolyse, mais chez ce sujet *préparé* la première apparition dans la circulation générale d'une trace d'albumine hétérogénéisée déclenche la crise et provoque une leucopénie temporaire de choc.

A 16 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de septembre 1921.

Encyclopédie agricole. Osiériculture, par E. Leroux. Paris, J.-B. Baillière, 1921; 1 vol. 18cm.

Sweden. Historical and statistical handbook. Vol. I : *Land and People.* Vol. II : *Industries*, by order of the swedish Government, edited by J. Guinchard. Stockholm, Norstedt et Söner, 1914; 2 vol. 24cm.

Contribution à l'étude de la flore du Katanga, par E. de Wildeman. Bruxelles, D. Reynaert, 1921; 1 vol. 25cm.

Economics of Bridgework. A sequel to bridge engineering, par J.-A.-L. Waddell. New-York, John Wiley, 1921; 1 vol. 23cm.

Le mouvement quasi newtonien et la gravitation, par Louis Maillard. Lausanne, Imprimeries réunies, 1921; 1 fasc. 26cm.

Conditions et essais de réception des métaux, par Georges Charpy. Paris, Dunod, 1921; 1 vol. 25cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 NOVEMBRE 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PSYCHOLOGIE. — *Une illusion optique dans l'appréciation de la vitesse.* Note de M. **Charles Richet**.

Sans avoir la prétention injustifiée d'entrer le moins du monde dans l'étude de la relativité, je voudrais montrer à quel point nos appréciations sont défectueuses quand nous n'avons d'autre mode de jugement que la perception sensorielle non rectifiée.

Nous apprécions en général notre vitesse dans l'espace par la rapidité avec laquelle se déplacent les objets par rapport à nous.

Quand on est en bateau ou en chemin de fer, — si, bien entendu, on ne tient pas compte de la trépidation et du vent, — selon qu'on voit fuir les objets attachés au sol avec plus ou moins de rapidité, c'est la fuite plus ou moins précipitée de ces objets fixes qui nous donne la notion de notre vitesse personnelle. Aussi bien, quand on est en bateau par un temps calme, et qu'on se met à l'abri du vent, en regardant la rapidité avec laquelle l'écume blanche court le long du vaisseau, se fait-on quelque idée de la marche plus ou moins rapide du navire.

Or on peut regarder cette fuite de l'écume, indice de la vitesse, dans trois conditions différentes :

α. En étant immobile, accoudé au bastingage;

β. En marchant rapidement sur le pont dans le même sens que l'avance du bateau;

γ. En marchant rapidement sur le pont dans un sens inverse à l'avance du bateau.

La notion à peu près exacte de la vitesse nous est donnée quand nous

sommes immobiles. Mais, si nous marchons sur le pont, l'appréciation change complètement et devient très défectueuse.

Si l'on marche (β) dans le même sens que le bateau, il est clair qu'à la vitesse V du bateau vient s'ajouter la vitesse v de notre marche : notre vitesse totale, par rapport à la mer, est alors $V + v$.

Au contraire, si nous marchons en sens inverse (γ), notre vitesse totale, par rapport à la mer, sera $V - v$.

Il s'ensuit qu'en marchant sur le pont dans le même sens que l'avance du navire, on avance plus vite (par rapport à la mer) qu'en marchant en sens inverse. Par conséquent la vitesse du navire devrait paraître plus grande. Mais de fait c'est le contraire qu'on croit constater. Et c'est d'une netteté extrême.

La vitesse du navire paraît incontestablement plus grande quand, marchant sur le pont, on a la vitesse $V - v'$ *que quand on a la vitesse* $V + v'$.

Cette différence paraît d'autant plus accentuée qu'on marche ou qu'on court plus vite sur le pont.

C'est un très singulier paradoxe qui montre l'absolue relativité de notre appréciation des vitesses.

Il s'agit de savoir pour quelle cause.

Il m'a semblé qu'on pouvait admettre l'interprétation suivante :

Quand, sur terre ferme, nous marchons sur le sol, nous voyons le sol fuir sous nos yeux; mais cela ne nous donne nullement l'idée que le sol se déplace. Nous sommes habitués à cette fuite du sol dans le sens de notre marche, de sorte que nous corrigeons tant bien que mal ce déplacement v en lui enlevant une vitesse d'appréciation v'. Et alors finalement le sol nous semble à peu près immobile, puisque nous faisons $v' = v$.

Si cette correction était parfaite, si v' était toujours égal à v, il s'ensuivrait que la vitesse du navire nous paraîtrait à peu près toujours la même, dans les trois conditions α, β, γ, et notre appréciation de la vitesse ne se modifierait pas, puisque v' annulerait toujours v.

Mais *la correction n'est pas parfaite*, et nous avons tendance à faire v' beaucoup plus grand que v. Alors $v' - v$ devient une quantité positive x, de sorte que nous aurons, en apparence,

Pour α..............................	V
Pour β..............................	$V - x$
Pour γ..............................	$V + x$

Voilà pourquoi, en marchant sur le pont d'un navire en sens inverse du bateau, on croit irrésistiblement progresser plus vite (par rapport à la mer) que si l'on marche dans le même sens que l'avance du navire.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la détermination du degré d'oxydation des charbons.* Note (¹) de MM. **Georges Charpy** et **Gaston Decorps**.

Divers travaux ont été publiés déjà sur l'altération de la houille par absorption d'oxygène à basse température, notamment par MM. Fayol, Malher, Boudouard, Charpy et Godchot, et ont fait ressortir l'importance pratique de ce phénomène en raison des modifications qu'il produit dans la valeur du pouvoir calorifique des charbons et surtout dans leur aptitude à la cokéfaction. Dans une Note présentée à l'Académie en 1917 (²) l'un de nous, en collaboration avec M. Godchot, a montré que l'oxydation ne modifiait pas systématiquement les teneurs en cendres et en matières volatiles et n'était, par conséquent, pas mise en évidence par les résultats des procédés d'analyse rapide couramment employés pour caractériser les charbons.

D'après de nouveaux essais auxquels nous avons procédé, et qui comprennent notamment des expériences d'oxydation en vase clos, permettant l'examen des gaz résiduels, il semble que l'oxydation puisse comporter deux réactions distinctes, agissant différemment sur les grandeurs mesurées; d'une part, il peut y avoir fixation directe de l'oxygène sur le charbon, ce qui produit une augmentation de poids total, une augmentation de la teneur en matières volatiles et une diminution de la teneur en cendres; d'autre part, l'oxygène peut former avec le carbone une certaine quantité d'anhydride carbonique qui se dégage, peut-être aussi, avec l'hydrogène, une certaine quantité d'eau qui se sépare dans les essais à chaud, ce qui produit une diminution du poids total, une légère réduction de la teneur en matières volatiles et une augmentation de la teneur en cendres. Suivant la nature des charbons et les conditions de l'expérience, l'importance relative de ces deux réactions se trouve modifiée et l'on a, par suite, des variations de sens contraire dans les résultats de l'analyse.

Quand l'oxydation a lieu à basse température, il semble que c'est la première réaction qui joue le rôle le plus important; c'est elle qui donne naissance aux produits solubles dans la soude avec coloration brune sur l'existence desquels on se base généralement pour constater l'état d'oxydation d'un charbon. Nous nous sommes proposé de chercher une méthode qui permît de définir par un chiffre la quantité de ces produits existant dans un

(¹) Séance du 2 novembre 1921.
(²) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 106.

charbon donné. Après divers essais, portant notamment sur les procédés colorimétriques qui ne nous ont pas paru donner des résultats suffisamment constants, nous avons adopté une méthode dans laquelle les matières dissoutes sont oxydées par une liqueur titrée de permanganate de potassium.

Le charbon à étudier est pulvérisé et tamisé, puis traité par une solution de soude à 50 pour 100 (10^{cm^3} pour 1^g de charbon, chauffage pendant 2 heures à 100°). La solution, étendue d'eau et filtrée, est acidulée par l'acide sulfurique et ramenée à un volume déterminé. Sur une quantité de ce liquide plus ou moins grande suivant la coloration, on fait agir pendant 2 heures à froid une solution titrée de permanganate de potassium ajoutée en excès de façon que la coloration reste nettement rose; on titre ensuite le permanganate en excès avec une solution de sel de Mohr. On peut déterminer ainsi un chiffre représentant la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique soluble dans la soude et dont la proportion augmente manifestement avec l'état d'oxydation de la houille. Ce chiffre n'a évidemment qu'une valeur empirique, mais donne une indication qui paraît suffisante pour la pratique. Nous proposons de l'appeler *indice d'oxydation* du charbon considéré et de l'exprimer en grammes d'oxygène (nécessaire à l'oxydation) par kilogramme de charbon.

L'indice ainsi déterminé est généralement très faible pour les charbons susceptibles de donner du coke résistant : souvent inférieur à l'unité, il ne dépasse qu'exceptionnellement le chiffre 2; pour d'autres charbons, on obtient des chiffres notablement plus élevés, mais ils ne peuvent fournir de coke, et quand un charbon de bonne qualité est conservé trop longtemps à l'air, son pouvoir cokéfiant diminue en même temps que son indice d'oxydation augmente.

Si donc la faible valeur de l'indice d'oxydation n'est pas une condition suffisante pour caractériser un charbon à coke, on peut dire, croyons-nous, que c'est une condition nécessaire. La limite qu'il convient de ne pas dépasser varie évidemment avec la nature du charbon et il faudra la déterminer dans chaque cas par des expériences spéciales, mais on peut dire, dès maintenant, qu'une valeur supérieure à 5 ou 6 unités doit éveiller l'attention, et faire considérer le charbon qui la fournit comme suspect.

Nous nous sommes proposé de suivre, par le procédé indiqué plus haut, la marche de l'oxydation des charbons en la poussant beaucoup plus loin que cela n'a lieu d'ordinaire.

Les graphiques des figures 1 et 2 donnent, à titre d'exemple, les résul-

tats observés dans une série d'essais effectués à la température de 150° sur deux charbons, l'un de provenance anglaise, marqué A (*fig.* 1), l'autre venant d'une mine du nord de la France, marqué B (*fig.* 2).

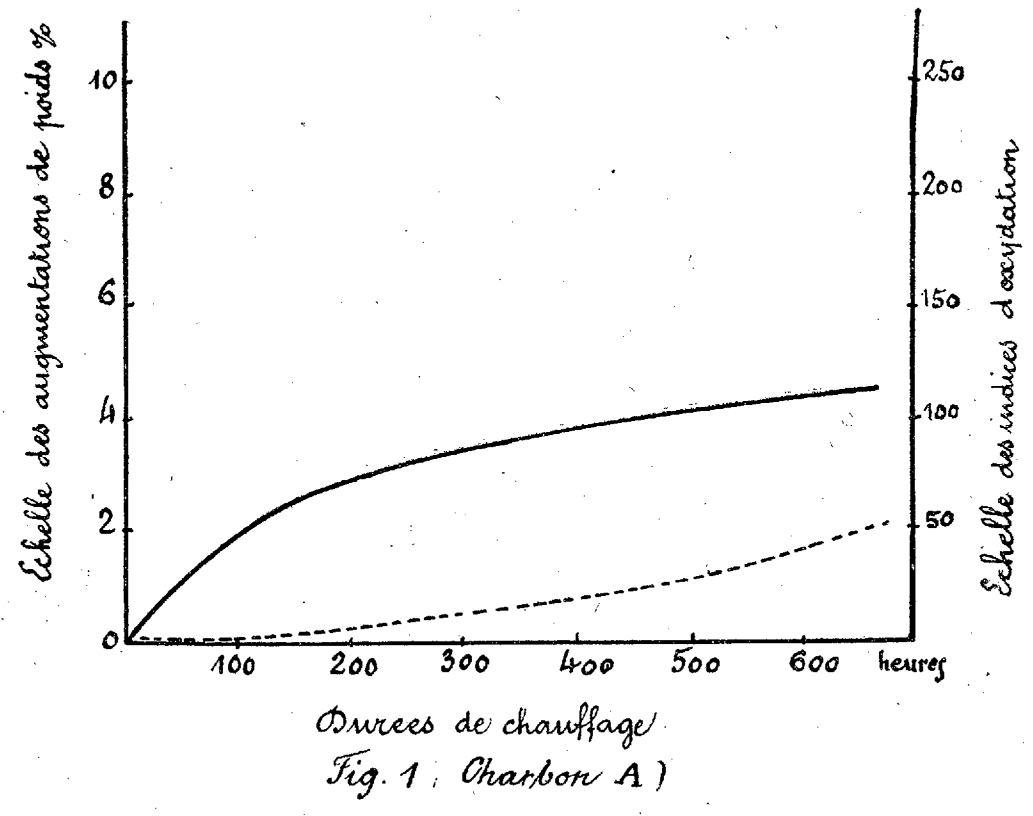


Fig. 1 (Charbon A)

Les courbes en traits pleins donnent en fonction du temps la variation du poids du charbon; les courbes en traits pointillés donnent les variations de l'indice d'oxydation.

On voit que, pour le charbon anglais, le poids augmente dès le début, indiquant une fixation d'oxygène sur le charbon; mais cet accroissement est de moins en moins rapide et, au bout de 450 heures environ, le poids reste constant; l'augmentation totale ayant été de 4,30 pour 100 environ, l'indice d'oxydation augmente d'une façon continue et avec une vitesse croissante. Après 600 heures de chauffage (limite du graphique), l'augmentation de poids était de 4,30 pour 100 et l'indice, primitivement égal à 0,15, avait atteint le chiffre de 55; après 2000 heures de chauffage, le poids était resté sensiblement constant et l'indice avait atteint la valeur de 270.

Pour le charbon du Nord, on observe les mêmes particularités au début, quoique avec des variations beaucoup plus rapides; mais au bout de 220 heures environ, le poids qui s'était accru jusque-là de 6,75 pour 100 environ cesse de s'accroître et commence à diminuer lentement et régulièrement; l'indice, pendant ce temps, continue à croître de plus en plus; il y a donc à la fois absorption d'oxygène par le charbon et perte de matières

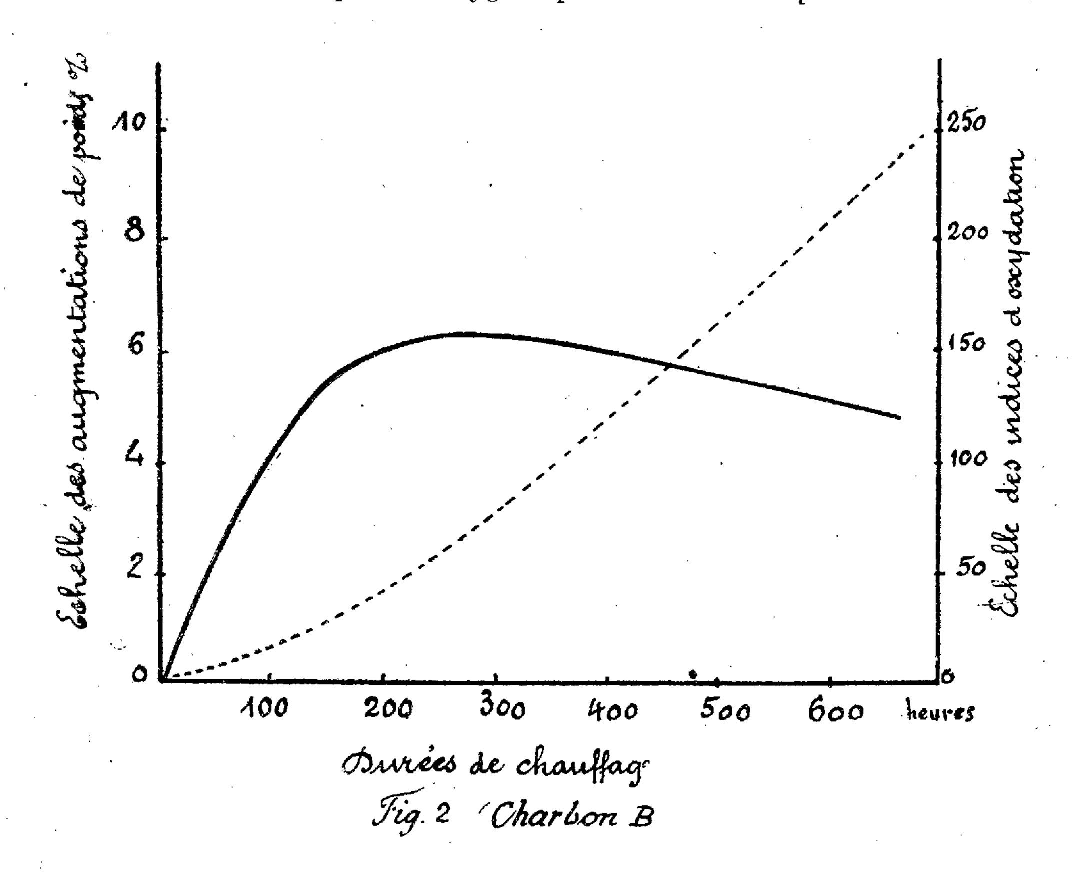


Fig. 2 Charbon B

volatiles; après 1300 heures de chauffage, le poids s'est rapproché beaucoup de sa valeur primitive qu'il dépasse seulement de 1,4 pour 100 et l'indice d'oxydation est égal à 720; après 2000 heures de chauffage, le poids est légèrement inférieur à sa valeur primitive, l'indice a atteint le chiffre de 860; à ce moment le charbon est devenu, à très peu de chose près, *intégralement soluble dans la solution de soude*.

Ce résultat, assez imprévu et sur lequel nous comptons revenir, est à rapprocher de celui qui a été signalé par M. Godchot dans une Note

récente ([1]), dans laquelle il montre que l'oxygène se fixe aussi bien sur la partie de la houille qui est soluble dans la pyridine que sur la partie insoluble.

Des expériences analogues, effectuées à la température de 100°, donnent des variations de même nature, quoique beaucoup moins rapides; de plus, le charbon B se comporte, au point de vue de la variation de poids, comme le charbon A, c'est-à-dire que le poids devient sensiblement constant au bout d'un certain temps, mais ne présente pas de décroissance si l'on continue le chauffage.

Après 1300 heures de chauffage, l'indice d'oxydation est égal à 7,8 pour le charbon A, à 48 pour le charbon B.

Le procédé de titrage que nous avons indiqué pour définir l'état d'oxydation d'un charbon permet donc de suivre le développement graduel de cette altération à basse température; son emploi conduit à constater que l'oxydation peut devenir très profonde et arrive même, au moins dans certains cas particuliers, à transformer intégralement le charbon en matière humique soluble dans la solution de soude ([2]).

ÉLECTIONS.

Dans la formation d'une liste de deux candidats à la place de Membre artiste, vacante au Bureau des Longitudes par le décès de M. *J. Carpentier*, pour la première ligne, M. **Jobin** obtient 38 suffrages contre 1 bulletin blanc; pour la seconde ligne, M. **Leroy** obtient 36 suffrages contre 1 bulletin blanc.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne . . . . M. **Jobin**
En seconde ligne . . . . M. **Leroy**

Dans la formation d'une liste de deux candidats à la place de Membre titulaire, vacante au Bureau des Longitudes par le décès de M. *G. Lippmann*, pour la première ligne, M. **R. Bourgeois** obtient 32 suffrages contre 3 à M. *J. Violle* et 2 à M. *R. Villard;* pour la seconde ligne, M. **P. Villard**

([1]) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 32.

([2]) Les indices d'oxydation trouvés sur divers lignites sont relativement très élevés; ceux que nous avons déterminés ne descendent pas au-dessous de 40, mais aucun n'est supérieur à 150.

obtient 28 suffrages contre 4 à M. *J. Violle*, 1 à M. *Branly* et 1 à M. *D. Berthelot*.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne . . . . M. **R. Bourgeois**
En seconde ligne . . . . M. **P. Villard**

COMMISSIONS.

MM. **d'Arsonval**, **Painlevé**, **Douvillé**, **Le Chatelier**, **Moureu**, **Rateau**, **Daniel Berthelot** sont désignés, à la majorité des suffrages, pour constituer, joints aux membres du Bureau, la Commission chargée de choisir un candidat pour le prix *Le Conte*.

PLIS CACHETÉS.

L'Académie est informée de la mort, survenue à Laon le 26 octobre 1921, de M. **Paul-Marguerite de la Charlonie**, dont quatre plis cachetés déposés le 1er sous le n° 7198 le 18 mars 1907, le 2e sous le n° 8126 le 5 janvier 1914, le 3e sous le n° 8718 le 22 décembre 1919, le 4e sous le n° 8925 le 17 octobre 1921, doivent être ouverts après ses obsèques.

Ces plis, ouverts en séance par M. le Président, sont remis entre les mains des Secrétaires perpétuels qui feront le nécessaire.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° P. Zeemann. *Verhandelingen over Magneto-Optische Verschijnselen.*

2° Le fascicule 18, 2e partie, des *Études de Lépidoptérologie comparée*, par Charles Oberthür. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

3° *Suppression expérimentale de l'inimitié entre Fourmis*, par Mme Marguerite Combes. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

M. **J. Andrade**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. F. **Blanchet** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte*.

M. *L. Barbillion*, au nom de la **Société des Amis du Laboratoire des essais mécaniques et métallurgiques de Grenoble**, adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe d'équations fonctionnelles.* Note de M. **Gaston Julia**.

I. A toute fonction rationnelle R(Z) ayant à l'origine un point double répulsif, $|R'(o) = s| > 1$, correspond une fonction méromorphe $f(z)$ telle que

$$f(sz) = R[f(z)], \qquad f(o) = o, \qquad f'(o) = 1.$$

On peut généraliser le problème et chercher, R_1 et R_2 étant deux fractions rationnelles de Z, s'il existe une fonction analytique G(Z) telle que

$$(1) \qquad G[R_1(Z)] = R_2[G(Z)].$$

J'appellerai E'_{R_1} l'ensemble parfait des points Z où la famille des $R_1^{(n)}$ itérées de R_1 n'est pas normale, et E'_{R_2} l'ensemble analogue pour R_2.

Si $R_1 = R_2$ (1), G *est permutable à* R_1; si $R_1 \neq R_2$, G est semi-permutable à (R_1, R_2). En remplaçant au besoin R_1 par une de ses itérées, ce qui ne restreint pas la généralité, on peut supposer que R_1 a un point double répulsif à l'origine. Et en remplaçant G par $G - \alpha$ si cela est nécessaire, on pourra supposer que l'origine est point double de R_2. On peut supposer que G est holomorphe en o, sans restreindre la généralité, car, *à moins que* G *n'admette pour points singuliers essentiels tous les points de* E'_{R_1}, on pourra toujours choisir dans E'_{R_1} un point double répulsif d'une itérée $R_1^{(\lambda)}$, où G soit holomorphe : c'est ce point double qu'on choisirait pour origine. A supposer que G existe et est holomorphe autour de o, on démontre que o *est aussi répulsif pour* R_2. Si s_1 et s_2 sont les valeurs de $R'_1(o)$ et $R'_2(o)$,

(1) La recherche présente contient donc celle des fonctions permutables à une substitution rationnelle R_1 et n'admettant pas tous les points de E'_{R_1} pour points singuliers essentiels. J'ajoute que des cas particuliers de l'équation (1) ont été étudiés par M. P. Fatou (*Bull. Soc. math. Fr.*, 1920).

$|s_1|$ et $|s_2|$ sont > 1 et l'on a $s_2 = s_1^k$ en supposant autour de o

$$G(Z) = g_k Z^k + \ldots \qquad (k \text{ entier} > 0). \tag{2}$$

Si $\Gamma_1(z)$ et $\Gamma_2(z)$ sont les fonctions fondamentales de R_1 et R_2,

$$\Gamma_1(s_1 z) = R_1[\Gamma_1(z)], \qquad \Gamma_1(0) = 0, \qquad \Gamma_1'(0) = 1,$$
$$\Gamma_2(s_2 z) = R_2[\Gamma_2(z)], \qquad \Gamma_2(0) = 0, \qquad \Gamma_2'(0) = 1,$$

on démontre que toute solution G de (1), holomorphe en o et dont le développement (2) débute par $g_k Z^k$ est donnée par

$$G_{g_k}(Z) = \Gamma_2[g_k\{\gamma_1(Z)\}^k]; \tag{3}$$

elle dépend de l'entier positif arbitraire K et du coefficient arbitraire g_k, et $z = \gamma_1(Z)$ est la fonction inverse de la fonction $Z = \Gamma_1(z)$; on voit que la formule (3) donne des solutions de (1) holomorphes en o.

II. G(Z) étant supposé holomorphe en o se trouve *définie par* (3) *dans tout le plan*, et c'est une fonction en général multiforme à une infinité de branches, dont la surface de Riemann est celle sur laquelle la fonction inverse de $\Gamma_1(z)$ est uniforme. G a donc des points critiques algébriques et des points transcendants qui sont en général ceux de $\gamma_1(Z)$, lesquels sont bien connus. En tout point Z, qui n'est pas une valeur exceptionnelle de $\Gamma_1(z)$, G(Z) a au moins une branche méromorphe ou algébrique. En un point Z qui est valeur exceptionnelle de $\Gamma_1(z)$, toute branche de $\gamma_1(Z)$ devient infinie et a un point critique transcendant, donc G(Z) a en général en ce point un point critique transcendant ou un point singulier essentiel ou les deux à la fois. Si $R_1(Z)$ n'est pas la transformée homographique d'un polynome ou de $Z^{\pm p}$, Γ_1 n'a pas de valeur exceptionnelle; si R_1 se ramène à un polynome différent de Z^p, Γ_1 a une valeur exceptionnelle; si R_1 se ramène à $Z^{\pm p}$, il y a deux valeurs exceptionnelles.

Il arrivera, en général, qu'un pareil point exceptionnel Z soit à la fois point critique transcendant et point d'indétermination complète de G(Z). Exemple :

$$R_1 = Z^4; \qquad R_2 = 2Z^2 - 1; \qquad G(Z) = \cos i\sqrt{2\log Z}$$

en posant $k = 1$, $g_k = 1$, le point double répulsif étant $Z = 1$; car

$$\Gamma_1 = e^z, \qquad \Gamma_2 = \cos i\sqrt{2z}.$$

G a en o et ∞ deux points *critiques transcendants* et *essentiels*.

III. L'équation (1) a-t-elle des solutions *uniformes dans tout le plan?*

Si l'on suppose qu'une pareille solution G n'admet pas pour points singuliers essentiels tous les points de E'_{R_1}, les raisonnements de I et II prouvent que G est partout *méromorphe* dans le plan, sauf peut-être aux points qui sont des valeurs exceptionnelles de $\Gamma_1(z)$, c'est-à-dire valeurs exceptionnelles dans l'itération de $R_1(Z)$.

Il y a donc trois cas :

1° R_1 ne se ramène ni à $Z^{\pm p}$ ni à un polynome. G est méromorphe partout. C'est une *fraction rationnelle*. Toute solution uniforme de (1) *sera rationnelle*, ou *admettra tous les points de* E'_{R_1} *pour points singuliers essentiels*.

2° R_1 se ramène à $Z^{\pm p}$ par une même substitution homographique sur Z et $R_1(Z)$. Toute solution uniforme de (1) :

a. Ou bien admet *tout point de* E'_{R_1} *comme point singulier essentiel;*

b. Ou bien est *rationnelle;*

c. Ou bien admet *les points* 0 *et* ∞ (*points exceptionnels de* R_1) *pour seuls points singuliers essentiels*. Il est remarquable dans ce cas *c* que si l'un des points 0 ou ∞ cesse d'être essentiel, l'autre cesse de l'être aussitôt et la solution devient rationnelle. *Dans ce cas*, G, lorsqu'elle n'est pas rationnelle, *est toujours d'ordre nul*. On forme un exemple simple avec $R_1 = Z^p$, $\Gamma_1(z) = e^z$, point double $Z = 1$, en prenant $\Gamma(z) = p(z + \pi i)$ [$p(z)$ fonction elliptique de Weierstrass aux périodes $2\pi i$, a], ce qui donne $\Gamma(z) = A_0 + A_1 z^2 + \ldots$, puis $\gamma(z) = \frac{\Gamma(z)}{A_0} = 1 + \mu z^2 + \ldots$; on prendra $\Gamma_2(z) = \gamma\left[\sqrt{\frac{z}{\mu}}\right]$ et l'on aura $\Gamma_2[zK^2] = R_2[\Gamma_2(z)]$, R_2 étant rationnelle, avec $Z = 1$ pour point répulsif. Alors avec $K = 2$ et $g_K = \mu$, on aura $G[Z] = \frac{1}{A_0} \cdot \Gamma[\log Z]$, $G(Z)$ est uniforme et 0 et ∞ sont ses deux points singuliers essentiels.

En prenant $R_1 = Z^2$, $R_2 = 2Z^2 - 1$, $K = 2$, $g_K = \frac{1}{2}$, on a $G = \frac{1}{2}\left(Z + \frac{1}{Z}\right)$ qui est rationnelle.

3° Si R_1 se ramène à un polynome $P(Z)$, toute solution uniforme de (1) :

a. Ou bien *admet tout point de* E'_{R_1} *pour point singulier essentiel;*

b. Ou bien est *rationnelle;*

c. Ou bien est une *fonction méromorphe d'ordre nul*.

Voici un exemple de ce dernier cas :

Je prends $P(Z) = 2Z^2 - 1$; $Z = 1$ est point double répulsif $\Gamma_1(z) = \cos i\sqrt{2z}$ à partir de la fonction $p(u)$ de Weierstrass, aux périodes 2π, a, je pose

$$\Gamma(z) = p(z + \pi) = A_0 + A_1 z^2 + \ldots, \qquad \gamma(z) = \frac{1}{A_0}\Gamma(z) = 1 + \mu z^2 + \ldots,$$

et je prends

$$\Gamma_2(z) = \gamma\left[\sqrt{\frac{z}{\mu}}\right].$$

Quel que soit λ, entier positif, on a $\Gamma_2(\lambda^2 z)$ rationnellement en $\Gamma_2(z)$. Je choisis $\lambda = 2$; $\Gamma_2(4z) = R_2[\Gamma_2(z)]$ et R_2 admet $Z = 1$ pour point répulsif. Je prends cette fois $K = 1$, $g_K = -2\mu$. Alors $G(Z) = \frac{1}{A_0}\Gamma(\text{arc}\cos Z)$; $G(Z)$ est bien méromorphe dans tout le plan et non rationnelle.

Tout ceci peut être encore notablement précisé, comme on le verra prochainement, grâce à l'introduction d'une notion nouvelle qui généralise mes travaux antérieurs sur les fonctions entières et méromorphes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines équations intégrales possédant une infinité de solutions avec un nombre illimité de paramètres arbitraires.* Note de M. **Henri Villat.**

Dans ma Thèse [1] la détermination, pour le cas de deux dimensions, du mouvement d'un fluide autour d'un solide de forme donnée à l'avance a été étudiée. J'ai montré que le problème dépendait de la solution d'une certaine équation intégrale [2]. J'ai formé ailleurs les équations qui jouent le même rôle dans diverses conditions de limitation pour le fluide, et j'ai indiqué comment on pouvait pratiquement obtenir de bonnes approximations de *la* solution qui convient à ces équations pour les problèmes envisagés. Étant revenu sur la recherche de la solution théorique exacte, j'ai été amené à constater que les équations en question jouissent de propriétés curieuses, qui n'en facilitent pas l'intégration. Bien que, du point de vue hydrodynamique, il y ait une solution bien déterminée convenant à chaque problème, *ces équations possèdent une infinité de solutions dépendant d'autant de constantes arbitraires que l'on veut.* C'est ce que je crois intéressant de noter ici, pour préciser, sur l'exemple ci-dessous, cas particulier d'un des problèmes cités plus haut, et pour lequel on peut expliciter les calculs.

Considérons, dans l'intervalle $0, 2\omega_1$, l'équation intégrale

$$(1)\qquad \int_0^{2\omega_1}[F(\beta) - F(\alpha)]\zeta(\alpha-\beta)\,d\beta + 2\eta_1(\alpha-\omega_1)F(\alpha) = \pi\log|F'(\alpha)| + \pi\log(p\alpha - e_3) + A,$$

[1] *Annales de l'École Normale*, 1911, p. 203.
[2] *Loc. cit.*, p. 284.

dans laquelle A est une constante donnée, F la fonction inconnue, F′ sa dérivée, ζ et p les fonctions elliptiques habituelles. On peut montrer que cette équation admet la solution suivante :

$$F(\alpha) = \frac{\pi\alpha}{\omega_1} + \operatorname{arc\,tang} \frac{\lambda^2 \cos\frac{2\pi\alpha}{\omega_1} - 2\lambda \sin\frac{\pi\alpha}{\omega_1} - 1}{2\lambda \cos\frac{\pi\alpha}{\omega_1}\left(1 + \lambda \sin\frac{\pi\alpha}{\omega_1}\right)} + C,$$

C et λ étant deux constantes, avec une arbitraire.

Voici, par ailleurs, une solution avec trois constantes arbitraires :

$$F(\alpha) = -2 \arg z - \pi - \delta$$

avec

$$z = a + ib + c\int_0^\alpha \frac{\sigma_3(\alpha)\,\sigma_3(\alpha - \gamma_0)}{\sigma^2(\alpha - \gamma_1)} e^{-2\eta_1\left(1+\frac{\delta}{\pi}\right)\alpha}\,d\alpha;$$

a, b, c, δ, γ_0, γ_1 sont des constantes réelles, liées par les relations

$$(2)\qquad \mathfrak{S}_3\left(\frac{\gamma_1}{2\omega_1}\right)\mathfrak{S}'_4\left(\frac{\gamma_1 - \gamma_0}{2\omega_1}\right) + \mathfrak{S}'_4\left(\frac{\gamma_1}{2\omega_1}\right)\mathfrak{S}_4\left(\frac{\gamma_1 - \gamma_0}{2\omega_1}\right) = 0,$$

$$(3)\qquad \gamma_1 - \frac{\gamma_0}{2} = \omega_1 + \frac{\omega_1\delta}{\pi},$$

et par une autre plus compliquée, que je ne transcris pas ici. δ est supposé $\neq 0$; s'il est nul, ce qui précède subsiste, en remplaçant la relation (2) par cette autre :

$$\omega_1 p(\gamma_1 + \omega_3) + \eta_1 = 0.$$

On peut maintenant former de nouvelles solutions dépendant d'un nombre quelconque de paramètres, par l'intermédiaire de certaines fonctions thêta-kleinéennes (ou, par exception, fuchsiennes); la construction s'effectue en posant

$$\Phi_k(z) = \frac{1}{z - z_k} - \sum_1 \frac{1}{\xi' - z'_k}\frac{d\xi'}{dz} + \sum_2 \frac{1}{\xi - z_k}\frac{d\xi}{dz} - \ldots;$$

les lettres accentuées désignent les imaginaires conjuguées des lettres sans accent; les sommes Σ sont étendues aux points ξ (ou ξ') que l'on obtient par inversions successives effectuées sur le point z par rapport à un certain groupe de circonférences, dont chacune introduit *au plus deux* paramètres nouveaux, et peut les introduire en effet. En choisissant pour z_k ($k \neq 0$) les centres des susdites circonférences, la fonction

$$\Phi(z) = \Phi_0(z) + \lambda_1\Phi_1(z) + \ldots + \lambda_p\Phi_p(z)$$

permet de définir une solution de (1) dépendant de p' constantes ($p' \leqq 2p$, l'égalité étant toujours possible). Il ne saurait s'agir d'expliciter ici les calculs.

On obtient ainsi *toutes* les solutions de (1).

D'où la conclusion énoncée au début.

Une conclusion analogue est valable pour toutes les équations intégrales de la provenance indiquée plus haut, et qui rentrent toutes dans la forme

$$(4)\qquad \int_0^L [F(\alpha) - F(\beta)]\, N(\alpha, \beta)\, d\beta + G(\alpha)\, F(\alpha) = \log|F'(\alpha)| + H(\alpha),$$

où N, G, H sont trois fonctions données, dont la première devient infinie comme $\frac{1}{\alpha - \beta}$ pour $\alpha = \beta$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le développement d'une fonction arbitraire en série suivant une suite de fonctions données.* Note [1] de M. **Kyrille Popoff**, présentée par M. Hadamard.

Soit

$$v_1(x),\quad v_2(x),\quad \ldots,\quad v_i(x)$$

une suite de fonctions continues orthogonales et normales dans l'intervalle (a, b), c'est-à-dire telles que l'on ait

$$\int_a^b v_i(x)\, v_k(x)\, dx = 0, \qquad \int_a^b v_i(x)^2\, dx = 1 \qquad (i \neq k).$$

Nous supposerons que toute fonction $F(x)$ ayant une dérivée peut être développée en série suivant les fonctions $v_i(x)$, d'après la formule

$$(1)\qquad F(x) = \sum_{i=1}^{\infty} v_i(x) \int_a^b F(t)\, v_i(t)\, dt = \sum_i v_i(x) \int_a^b F(t)\, d\int_a^t v_n(s)\, ds.$$

Nous nous proposons de déduire de (1) un développement de la même fonction $F(x)$ suivant une autre suite de fonctions quelconques

$$\psi_i(x) \qquad (i = 1, 2, \ldots, \infty)$$

ou du moins de chercher les conditions dans lesquelles cela est possible.

---

[1] Séance du 2 novembre 1921.

Plus généralement, nous supposerons que toute fonction $F(x)$ qui admet des dérivées jusqu'au $(n+1)^{\text{ième}}$ ordre (n pouvant être nul) est développable en série suivant les $\varphi_i(x)$ d'après la formule (1). En intégrant par parties n fois de suite et en appliquant après chaque intégration par parties la formule (1), on obtient

$$(2)\qquad \begin{aligned} F(x) - F(b) - \frac{(x-b)}{1!}F'(b) - \ldots - \frac{(x-b)^n}{n!}F^{(n)}(b) \\ = -\sum_i \varphi_i(x)\int_a^b \frac{F^{(n+1)}(t)}{n!}\left[\int_a^t (s-t)^n \quad \varphi_i(s)\,ds\right]dt \\ = \sum_i \varphi_i(x)\int_a^b \frac{F^{(n+1)}(t)}{(n+1)!}\,d\int_a^t (s-t)^{n+1}\varphi_i(s)\,ds. \end{aligned}$$

Nous chercherons à déterminer une fonction $f(x)$ telle que l'on ait

$$(3)\qquad \begin{aligned} R_n(x) = F(x) - F(b) - \frac{(x-b)}{1!}F'(b) - \ldots - \frac{(x-b)^n}{n!}F^{(n)}(b) \\ = -\sum_i \psi_i(x)\int_a^b \frac{f^{(n+1)}(t)}{n!}\left[\int_a^t (s-t)^n \varphi_i(s)\,ds\right]dt. \end{aligned}$$

Pour cela nous poserons

$$\delta_i(x) = \psi_i(x) - \varphi_i(x).$$

En remplaçant, dans l'équation (3), $\psi_i(x)$ par $\varphi_i(x) + \delta_i(x)$, on obtient

$$\begin{aligned} R_n(x) = \sum_i \varphi_i(x)\int_a^b \frac{f^{(n+1)}(t)}{n!}\left[\int_a^t (s-t)^n \varphi_i(s)\,ds\right]dt \\ - \sum_i \delta_i(x)\int_a^b \frac{f^{(n+1)}(t)}{n!}\left[\int_a^t (s-t)^n \varphi_i(s)\,ds\right]dt, \end{aligned}$$

et, en tenant compte de la formule (2), on aura

$$R_n(x) = r_n(x) - \sum_i \delta_i(x)\int_a^b \frac{f^{(n+1)}(t)}{n!}\left[\int_a^t (s-t)^n \varphi_i(s)\,ds\right]dt,$$

où l'on a posé

$$r_n(x) = f(x) - f(b) - \frac{(x-b)}{1!}f'(b) - \ldots - \frac{(x-b)^n}{n!}f^{(n)}(b).$$

Supposons maintenant que la série

$$K(x, t) = \sum_i \frac{\delta_i(x)}{n!}\int_a^t (s-t)^n \varphi_i(s)\,ds$$

soit uniformément convergente et que $K(x, t)$ admette des dérivées partielles par rapport à x jusqu'à l'ordre $(n+1)$ inclusivement; on peut écrire

$$R_n(x) = r_n(x) - \int_a^b f^{(n+1)}(t)\,K(x, t)\,dt,$$

et, en prenant la $(n+1)^{\text{ième}}$ dérivée par rapport à x,

$$F^{(n+1)}(x) = f^{(n+1)}(x) - \int_a^b \frac{\partial^{n+1} K(x, t)}{\partial x^{n+1}} f^{(n+1)}(t)\,dt. \tag{5}$$

Si l'unité n'est pas une constante caractéristique du noyau $\frac{\partial^{n+1} K(x, t)}{\partial x^{n+1}}$, cette équation intégrale déterminera complètement la fonction inconnue $f^{(n+1)}(x)$ et la formule (3) donnera le développement de la fonction donnée $F(x)$ suivant les fonctions $\psi_i(x)$. Ce développement contient en outre n termes de la forme

$$\frac{(x-b)^m}{m!} f^{(m)}(e).$$

Considérons un cas particulier. Soit $F(x)$ une fonction qui admet une dérivée première dans l'intervalle $(0, 2\pi)$ et

$$V_{2i}(x) = \cos ix, \qquad v_{2i+1}(x) = \sin ix.$$

Le développement (1) sera le développement de Fourier ordinaire. Posons de plus

$$\psi_{2i}(x) = 1 - \frac{(ix)^2}{2!} + \frac{(ix)^4}{4!} - \pm \frac{(ix)^{2p_i}}{(2p_i)!},$$

$$\psi_{2i+1}(x) = \frac{ix}{1!} - \frac{(ix)^3}{3!} + \pm \frac{(ix)^{2q_i+1}}{(2q_i+1)!}.$$

On aura alors

$$\delta_{2i}(x) = \frac{(ix)^{2p_i+2}}{(2p_i+2)!} \cos \theta_{2i} ix,$$

$$\delta_{2i+1}(x) = \frac{(ix)^{2p_i+3}}{(2p_i+3)!} \sin \theta_{2i+1} ix,$$

où

$$0 < \theta_k < 1.$$

On pourra donc choisir toujours p_i et q_i de façon que les séries

$$\Sigma\, \delta_i(x) V_i(x) \quad \text{et} \quad \Sigma\, \delta'_i(x) V_i(y)$$

soient uniformément convergentes, ce qui conduit au théorème suivant : « Toute fonction qui admet une dérivée est développable en série suivant les polynomes $\psi_i(x)$ définis plus haut. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions associées à un groupe « autogène » de substitutions*. Note de M. **Pierre Boutroux**, présentée par M. Émile Borel.

L'étude des équations différentielles du premier ordre m'a conduit à définir ([1]) des groupes de substitutions d'un type particulier, que j'appellerai désormais — pour abréger — « groupes autogènes » et qui sont caractérisés par la propriété suivante : Considérons dans le plan de la variable q une fonction multiforme $\psi(q)$ [ou plusieurs, mais je me bornerai ici au cas où il n'y en a qu'une] et envisageons l'ensemble des substitutions $[q, \psi(q)]$, correspondant à des branches quelconques de ψ, ainsi que l'ensemble des substitutions inverses et l'ensemble des produits de toutes ces substitutions : l'ensemble total forme un groupe G. Soient, d'autre part, $\psi_1(q)$, $\psi_2(q)$, ... des branches de ψ en nombre limité respectivement holomorphes dans certains champs convenablement choisis F_1, F_2, ... et telles que leurs inverses $\psi_1^{(-1)}$, $\psi_2^{(-1)}$ soient elles-mêmes holomorphes dans certains champs F_{-1}, F_{-2}, ... Appelons $\hat{\psi}_1(q)$, $\hat{\psi}_2(q)$, $\hat{\psi}^{(-1)}(q)$, ... les branches holomorphes ψ_1, ψ_2, $\psi_1^{(-1)}$, ... (*branches fondamentales*) considérées *exclusivement* à l'intérieur des champs respectifs F_1, F_2, F_{-1}, ..., et appelons (S_1), (S_2), (S_1^{-1}), ... les substitutions fondamentales $\left[q, \hat{\psi}_1(q)\right]$, $\left[q, \hat{\psi}_2(q)\right]$, ... Je dirai que *le groupe* G *est un groupe autogène si l'une quelconque de ses substitutions se trouve être un produit formé avec les substitutions fondamentales* ([2]).

On voit immédiatement quelle est la première conséquence de cette définition : bien que chacune des substitutions $[q, \psi_1(q)]$, $[q, \psi_2(q)]$, ... soit *multiforme*, il suffit de connaître *une* détermination de chacune d'entre elles pour pouvoir engendrer toutes les autres par multiplication : c'est là ce qui justifie le nom de *groupe autogène*. Ou encore : considérons une détermination quelconque $\overline{\psi}(q)$ à partir d'un point $\overline{q}$: si q décrit un contour fermé quelconque enveloppant un ou plusieurs points singuliers de ψ, la détermination $\overline{\psi}(q)$ se change en $\underline{\psi}(q)$ et l'on a $\underline{\psi}(q) = \overline{\psi}(q')$, la valeur q' étant déduite q en opérant une combinaison des substitutions fondamentales (S_1), etc. — La même propriété caractérise la fonction inverse de $\psi(q)$.

([1]) *Comptes rendus*, 1919 et 1920; *Annals of Mathematics*, t. **21**, 1920.

([2]) Ceci exige naturellement que l'ensemble des champs F_1, F_{21}, ..., mais non point nécessairement chacun d'eux, recouvre tout le plan q (ou toute la portion de ce plan où la fonction ψ existe).

Dès que l'on connaît un groupe autogène, on peut imaginer diverses familles de fonctions correspondant à des fonctions classiques, mais s'en distinguant en ceci que certains coefficients, constants dans les fonctions classiques, sont ici remplacés par des paramètres qui subissent les substitutions du groupe autogène. Je vais définir *a priori* quelques fonctions de cette nature, me réservant de montrer ensuite que de telles fonctions existent effectivement.

Fonction à n branches associée au groupe autogène. — La fonction $f(x, q)$ de x sera ainsi qualifiée si : 1° quel que soit $\bar{x}$ fixe, il existe n branches $\widehat{f_1}(\bar{x}, q), \ldots, \widehat{f_n}(\bar{x}, q)$ qui se permutent entre elles et entre elles seulement lorsque q décrit un chemin fermé quelconque n'enveloppant aucun point singulier des branches fondamentales $\widehat{\psi_1}(q)$, ... et de leurs inverses; 2° l'ensemble total des déterminations de f pour $x = \bar{x}$, $q = \bar{q}$ est donné par $\widehat{f}_{i=1,\ldots,n}(\bar{x}, q)$, où q' a la valeur $\bar{q}$ ou l'une des valeurs déduites de $\bar{q}$ par les substitutions de G. — Les points critiques de $f(x, q)$ qui correspondent à des substitutions de G seront transcendants. Tout autre point critique n'échangera qu'un nombre fini de branches.

Dans le cas où $n = 1$, la fonction f sera dite *pseudo-uniforme*. — Si une fonction y de x est fonction à un nombre fini de branches associée à G et pareillement la fonction inverse f sera dite *pseudo-algébrique*.

Fonction pseudo-périodique associée au groupe autogène. — Ce sera une fonction pseudo-uniforme ayant des propriétés périodiques de la forme

$$(1)\qquad \begin{cases} F(x, q) = F\left[x + \widehat{\omega}_1(q), q_1\right], \\ F(x, q) = F\left[x + \widehat{\omega}_2(q), q_2\right]; \end{cases}$$

$$(2)\qquad F(x, q) = F(x, q_3),$$

où q_1, q_2, q_3 se déduisent de q par des substitutions de G. Dans la relation (2), les fonctions figurant dans les deux membres sont supposées être des *branches différentes* de F; par contre, nous pouvons définir lesdites branches de telle sorte que F désigne la même branche dans les deux membres des égalités (1). D'autre part, les « périodes » $\widehat{\omega}_1(q)$, $\widehat{\omega}_2(q)$ sont des *branches de fonctions ayant les mêmes points singuliers que les fonctions q_1 et q_2 de q et respectivement considérées dans les mêmes champs (exclusivement)*. Parmi les égalités (1) et (2) auxquelles satisfait F, ne retenons que celles qui ne sont pas conséquences les unes des autres. Par exemple,

supposons que les *trois* substitutions $[q, q_1]$, ..., $[q, q_3]$, prises comme substitutions fondamentales (S), suffisent pour engendrer le groupe G, et que toutes les propriétés périodiques de F se ramènent aux *trois* égalités (1) et (2) écrites ci-dessus (en particulier, donc, ces égalités permettront d'engendrer toutes les branches de F connaissant l'une d'elles). Supposons, de plus, que F n'ait aucun point d'indétermination. Nous pourrons dire, alors, que F est une fonction *pseudo-elliptique*.

Considérons la fonction x de q définie par $F(x, q) = y$. Je suppose que, pour une valeur y et les valeurs voisines, ladite fonction $x(q)$ acquière n déterminations et n seulement lorsque q décrit un chemin fermé quelconque n'enveloppant aucun des points singuliers (transcendants) de $F(x, q)$ correspondant à des substitutions de G. En ce cas n aura la même valeur quel que soit y : nous dirons que n est l'*ordre* de la fonction. Dans le plan x (pour q fixe) nous pouvons définir des réseaux de quadrilatères curvilignes Q tels que F prenne la même série de valeurs sur deux côtés opposés de l'un quelconque d'entre eux; à l'intérieur d'un Q, F est holomorphe et prend n fois chacune des valeurs qu'elle ne prend pas sur le contour. — Toute fonction pseudo-elliptique est d'ordre fini.

Une fonction pseudo-elliptique qui resterait finie dans tout *un* quadrilatère Q et sur son contour se réduirait nécessairement à une constante.

Deux fonctions dont les propriétés périodiques sont définies par les mêmes égalités (1) et (2) seront dites avoir les mêmes périodes. Et l'on a le théorème fondamental : *Deux fonctions pseudo-elliptiques ayant les mêmes périodes sont fonctions pseudo-algébriques l'une de l'autre* (associées à G).

Les égalités (1) et (2) subsistent lorsqu'on dérive par rapport à x. Donc toute fonction rationnelle de F et ses dérivées est elle-même une fonction pseudo-elliptique ayant les mêmes périodes.

L'intégrale $\Phi(x, q)$ d'une fonction pseudo-elliptique possédant les propriétés (1) et (2) aura les propriétés

$$(1') \qquad \Phi(x, q) = \Phi\left[x + \widehat{\omega}_1(q), q_1\right] + \widehat{\theta}_1(q) = \Phi\left[x + \widehat{\omega}_2(q), q_2\right] + \widehat{\theta}_2(q);$$

$$(2') \qquad \Phi(x, q) = \Phi(x, q_3) + \widehat{\theta}_3(q),$$

où $\widehat{\theta}_1, \ldots, \widehat{\theta}_3$ ont respectivement les mêmes points singuliers que les fonctions correspondantes q_1 et $\widehat{\omega}_1$, ..., q_3 et $\widehat{\omega}_3$ et sont considérées dans les mêmes champs (*exclusivement*).

HYDRODYNAMIQUE. — *Équations générales du mouvement de corps solides dans un fluide parfait incompressible.* Note de M. **Riabouchinski**, présentée par M. G. Kœnigs.

On peut démontrer que les équations de W. Thomson sont applicables non seulement aux corps transpercés, mais aussi dans le cas où il y a circulation autour des corps dont la position relative peut varier. Le théorème de Thomson et le théorème de Joukowski apparaissent ainsi comme des cas particuliers de ce théorème plus général.

Considérons n corps solides qui se meuvent dans un fluide incompressible limité par une surface fermée S_0. La forme des n corps est arbitraire, ils peuvent être transpercés ou non, s'étendre jusqu'à la paroi ou être complètement entourés par le fluide.

Soit $m+1$ l'ordre de connexité du volume occupé par le fluide. Nous admettrons que le déplacement des solides est assujetti à la condition de ne pas diminuer cet ordre, ni de modifier l'étendue des surfaces qui se trouvent en contact avec le fluide.

Nous rendrons le volume occupé par le fluide simplement connexe en employant m cloisons, que nous représenterons comme des surfaces idéales de dimension déterminée, invariablement liées aux axes mobiles adjoints aux corps respectifs, lorsque le temps varie de t à $t+dt$. Ces cloisons peuvent librement pénétrer et se mouvoir dans les corps des solides et à travers la paroi limite S_0 afin que le volume occupé par le fluide reste simplement connexe malgré la modification de la position relative des solides dans l'intervalle dt.

Au contraire, en donnant au solide considéré un déplacement virtuel, compatible avec les liaisons indiquées ci-dessus, nous admettrons que les m cloisons et les autres $(n-1)$ solides conservent leur position par rapport aux axes fixes, liés à la surface limite S_0, et que ce n'est que les éléments des cloisons qui se trouvent en contact avec le corps déplacé qui sont affectés par ce déplacement; une mince bande peut s'ajouter ou être déduite de ces cloisons par l'effet de ce déplacement car les cloisons doivent continuer à prendre naissance sur la paroi du solide déplacé.

Le potentiel des vitesses en mouvement considéré est de la forme

$$(1) \qquad \varphi = \sum_{k=1}^{k=n} (u_k \varphi_{1k} + v_k \varphi_{2k} + w_k \varphi_{3k} + p_k \psi_{1k} + q_k \psi_{2k} + r_k \psi_{3k}) + \sum_{i=1}^{i=m} \varkappa_i \omega_i,$$

$\varphi_{1k}, \ldots, \psi_{3k} (k = 1, 2, \ldots, n)$ sont des fonctions harmoniques uniformes et $\omega_i (i = 1, 2, \ldots, m)$ des fonctions harmoniques non uniformes dont les constantes cycliques sont égales à l'unité. $u_k, \ldots, r_k$ sont les composantes des vitesses de translation et de rotation du $k^{\text{ième}}$ corps et $\varkappa_i$ la circulation qui correspond à la $i^{\text{ième}}$ cloison. En désignant par $\overline{u_k}, \overline{v_k}, \overline{w_k}$,

$$\overline{u_k} = u_k + q_k(z_1 - c_k) - r_k(y_1 - b_k), \quad \ldots; \quad \ldots,$$

les composantes de la vitesse d'entraînement correspondant au trièdre mobile T_k lié au corps k et par l, m, n les cosinus directeurs de l'élément de normale dv_k dirigé vers l'intérieur du fluide, on doit avoir sur la surface de tous les corps

$$(2) \qquad \frac{\partial \varphi}{\partial v_k} = \overline{u_k}\, l + \overline{v_k}\, m + \overline{w_k}\, n \qquad (k = 1, 2, \ldots, n)$$

et sur la surface limite $\frac{\partial \varphi}{\partial v} = 0$. En substituant (1) dans les équations (2) et en égalant les coefficients des vitesses de translation et de rotation et des circulations, on obtient que tout le long de la surface du corps $k (k = 1, 2, \ldots, n)$.

$$\frac{\partial \varphi_{k1}}{\partial v_k} = l, \quad \ldots, \quad \ldots; \quad \frac{\partial \psi_{k1}}{\partial v_k} = n(y_1 - b_k) - m(z_1 - c_k), \quad \ldots, \quad \ldots,$$

et sur la surface des autres $(n - 1)$ corps et sur la surface limite S_0,

$$\frac{\partial \varphi_{k1}}{\partial v} = 0, \quad \ldots, \quad \frac{\partial \psi_{k3}}{\partial v} = 0.$$

Sur les parois de tous les solides et sur la surface limite S_0

$$\frac{\partial \omega_1}{\partial v} = 0, \quad \ldots, \quad \frac{\partial \omega_m}{\partial v} = 0.$$

En désignant par X_k la projection sur l'axe Ox de la pression qu'exerce le solide k sur le fluide et en appliquant l'équation de pression rapportée à des axes mobiles, on a

$$(3) \qquad X_k = \int\int_{s_k} p\, l\, d\sigma = -\rho \int\int_{s_k} \frac{\partial \varphi}{\partial t}\, l\, d\sigma - \frac{1}{2}\rho \int\int_{s_k} (W_k'^2 - \overline{W}_k^2)\, d\sigma.$$

Les intégrales s'étendent à tous les éléments de la paroi du solide k, W'_k et $\overline{W_k}$ expriment la vitesse relative et d'entraînement.

En appliquant la transformation de Green, la formule générale de la variation des intégrales triples, un théorème de cinématique que nous avons

démontré précédemment et en tenant compte des conventions faites plus haut, on peut représenter l'équation (3) comme suit :

$$(4) \qquad X_k = \frac{d}{dt}\frac{\partial R}{\partial u_k} - \frac{\partial R}{\partial a_k}$$

où la fonction modifiée de Lagrange est de la forme

$$R = T - K + \rho \sum_{i=1}^{i=m} \varkappa_i \chi_i.$$

T exprime l'énergie cinétique du mouvement acyclique du fluide, K l'énergie cinétique du mouvement cyclique et χ_i le flux relatif à travers la cloison i dans le mouvement acyclique. On obtient de même des équations analogues pour les composantes Y_k et Z_k de la force et les composantes L_k, M_k, N_k ($k = 1, 2, \ldots, n$) du couple. Les composantes des forces et des couples résultants agissant sur les solides par l'effet des pressions hydrodynamiques sont $(-X_1)$, $(-Y_1)$, ... $(-N_k)$. Si l'on connaît les autres forces et couples qui sollicitent les n solides et l'énergie cinétique des solides, on pourra écrire les équations générales du mouvement en appliquant les équations de Lagrange.

Les équations (4) ont la même forme que les équations de Routh et on les ramène aussitôt à la forme de W. Thomson, mais le domaine de l'application de nos formules est plus étendu. On peut les appliquer, par exemple, comme nous l'avons indiqué dans une Note précédente[1] au problème du mouvement cyclique plan d'un liquide autour d'un solide qui se meut parallèlement à une rectiligne.

ASTRONOMIE. — *Sur la rectification des éphémérides des petites planètes.* Note de M. **Michkovitch**, présentée par M. Andoyer.

Le problème de la rectification des éphémérides approchées des petites planètes peut trouver une solution à la fois très simple et très rapide dans le

[1] *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 25. La rectification suivante doit être faite dans la Note que nous venons de rappeler. L'indice $2n+1$ qui figure dans les expressions de T et de Y doit être $n+1$. La valeur limite du rapport $(2T : \rho\pi b^2 N^2)$ est alors $\frac{\pi^2-3}{3}$ au lieu de $\frac{\pi^2-4}{4}$ et les valeurs du rapport $(Y : \rho 2 b V^2)$ qui figurent dans le Tableau deviennent $-\infty$; $-14,22$, $-0,75$ $-0,09$, $-0,03$, 0.

cas où l'on se propose de rectifier l'éphéméride, à l'aide d'une seule observation, en corrigeant seulement M, l'anomalie moyenne.

Supposons, en effet, que les deux éléments ☊ et i qui fixent la situation du plan de l'orbite soient connus exactement, ce qui revient à admettre que la planète reste constamment dans le plan de son orbite. Dans ce cas-là, les quantités A, B, a, b, connues sous le nom des *constantes de Gauss*, peuvent être considérées comme des constantes.

Cela posé, reportons-nous aux équations bien connues qui expriment les variations des coordonnées équatoriales géocentriques en fonction des variations des éléments, en particulier à l'équation

$$\cos\delta\, d\alpha = -\frac{\sin\alpha}{\Delta}\, dx + \frac{\cos\alpha}{\Delta}\, dy.$$

D'après l'hypothèse que nous venons de faire, on aura

$$dx = \frac{x}{r}\, dr + x \cot(v + A)\, dv, \qquad dy = \frac{y}{r}\, dr + y \cot(v + B)\, dv.$$

Or, si l'on néglige la quantité dr, ce que l'on peut faire dans le cas des éphémérides approchées, l'équation précédente devient

$$\cos\delta\, d\alpha = \left[-\frac{\sin\alpha}{\Delta}\, x \cot(v + A) + \frac{\cos\alpha}{\Delta}\, y \cot(v + B) \right] dv,$$

d'où

$$dv = \frac{\Delta \cos\delta\, d\alpha}{rb \cos\alpha \cos(v + B) - ra \sin\alpha \cos(v + A)}.$$

Ayant dv, on se servira de l'équation

$$dM = \frac{r^2\, dv}{a^2 \cos\varphi}$$

pour obtenir la correction de M qu'il faudra appliquer aux anomalies moyennes primitives, afin d'avoir celles qui doivent servir au calcul de l'éphéméride rectifiée.

Les trois exemples ci-dessous permettent de voir le mieux ce que la méthode peut donner :

Planète.	Date.	Observation. α.	Observation. δ.	Calcul. α.	Calcul. δ.	Calcul corr. α.	Calcul corr. δ.
		h m	° ′	h m	° ′	h m	° ′
284. Amalia...	1918 mai 6	15. 0,4	−19.10	14.56,0	−19. 2	15. 0,4	−19.12
403. Cyane....	1918 avril 15	11.44,4	−11. 8	11.52,8	−11.58	11.44,5	−11.10
137. Meliboea..	1919 août 26	20.17,1	+ 0.47	19.48,4	− 0.44	20.17,1	+ 0,46

Les observations ont été faites à l'Observatoire d'Alger et publiées dans le *Journal des Observateurs* (t. 2, p. 141, et t. 3, p. 115). Les positions calculées ont été obtenues à l'aide des éléments de la *Connaissance des Temps* pour 1915.

ASTRONOMIE. — *Sur la spectrophotométrie des étoiles carbonées.* Note de M. Salet, présentée par M. Baillaud.

Ces étoiles, dont le spectre est caractérisé par les bandes des hydrocarbures (type IV de Secchi, N de Harvard), n'ont pas été étudiées, à notre connaissance, du point de vue spectrophotométrique, et cela à cause de leur faible intensité, surtout dans la partie bleue du spectre. Au cours d'une étude générale des divers types stellaires, nous avons déterminé, autrefois, par la méthode des écrans colorés de M. Nordmann, les intensités globales des parties rouge, verte et bleue de leur spectre. Nous sommes amenés à parler aujourd'hui de ces mesures parce que les observations publiées récemment par M. Nordmann ne contiennent pas d'étoiles de ce type. Nous donnons, en grandeur stellaire, la différence d'intensité que nous avons trouvée entre la partie verte ou bleue du spectre de huit de ces étoiles et la partie correspondante du spectre d'une étoile du type solaire ayant même intensité dans le rouge. En ajoutant des constantes convenables, on pourra rendre ces chiffres comparables à ceux qui seraient obtenus en prenant d'autres unités.

	Æ.1900.	Ⓓ.	Vert.	Bleu.
	h m	° ′	g	g
1648 Harvard................	5. 0	+ 1. 2	0,9	2,2
2405 »	6.30	38.32	1,1	2,0
3541 »	8.50	17.37	1,1	2,1
4133 »	10.33	−12.52	1,0	1,4
4195 »	10.38	+67.56	1,0	1,6
4846 »	12.40	45.59	0,9	2,7
8297 »	21.38	35. 3	0,9	2,0
19 Poissons................	23.41	2.56	1,1	1,9

Le fort obscurcissement de la partie bleue du spectre, auquel ces étoiles doivent leur couleur rouge, peut être dû en partie à leur température qui serait plus basse que celle des autres types, ou encore à une absorbtion générale, mais cette faible intensité du bleu comparé au rouge peut provenir surtout des raies et des bandes d'absorbtion qui chargent de plus en plus la partie la plus réfrangible du spectre quand on passe, dans l'échelle des types stellaires, des étoiles blanches aux étoiles rouges.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le rôle des symétries analytiques dans les théories relativistes.* Note de M. A. **Buhl**.

Les si intéressantes Notes de MM. Picard et Painlevé (24 octobre) et la proche publication d'un second Mémoire [1] sur les théories en litige m'incitent à demander la permission de noter ici quelques points tenant aux fondements mêmes du sujet.

Il m'est essentiel de rappeler qu'en transformant l'identité

$$\iint_S X\,dY\,dZ = \iiint_V dX\,dY\,dZ, \tag{1}$$

j'ai obtenu une formule du type stokien dont l'un des membres est

$$\iiint_V \begin{vmatrix} \frac{\partial F}{\partial x_1} & \frac{\partial F}{\partial x_2} & \frac{\partial F}{\partial F_3} & \frac{\partial F}{\partial x_4} \\ \frac{\partial}{\partial x_1} & \frac{\partial}{\partial x_2} & \frac{\partial}{\partial x_3} & \frac{\partial}{\partial x_4} \\ M_{1\omega} & M_{2\omega} & M_{3\omega} & M_{4\omega} \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{vmatrix} \frac{dx_1\,dx_2\,dx_3}{\frac{\partial F}{\partial x_4}}. \tag{2}$$

J'ai montré que le déterminant contenu dans cette intégrale conduirait immédiatement à la forme des équations du champ électromagnétique de Maxwell-Lorentz généralisé par M. De Donder. Il y a bien d'autres choses à en tirer.

Dans (2) adjoignons aux M_{ij} un indice k, le même pour la même expression (2).

Dans l'expression d'indice k, on peut indifféremment

$$\pm 2M_{ijk} \qquad \text{ou} \qquad \pm 2M_{ijk} + \frac{\partial g_{jk}}{\partial x_i} - \frac{\partial g_{ik}}{\partial x_j}.$$

Imposons à ce trinome d'être symétrique (au signe près) par rapport à tous les indices i, j, k. Il faut évidemment que le premier terme prenne une forme analogue à celle des deux autres et l'on retrouve ainsi les *crochets de Christoffel*.

Dans les théories classiques, ces crochets naissent ordinairement des

---

(1) Le premier Mémoire *Sur les formules fondamentales de l'électromagnétisme et de la gravifique* a été publié aux *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 1920.

formes quadratiques, ordre qu'il est possible d'inverser. On peut passer des crochets de Christoffel aux formes différentielles quadratiques; en d'autres termes, *on peut passer d'une identité fondamentale* (1) *du Calcul intégral au champ électromagnétique symbolisé en* (2) *et, de là, à l'espace métrique généralement non euclidien.*

Il faut immédiatement reconnaître que ceci ne va pas sans restrictions analogues à celles de MM. Picard et Painlevé. Ainsi le raisonnement précédent repose sur des considérations arbitraires de symétrie analytique. De plus remonter des crochets de Christoffel aux formes quadratiques contient plus d'arbitraire que le fait inverse; on peut notamment en profiter pour retrouver, dans la géométrie non-euclidienne obtenue, le déplacement parallèle de Levi-Civita. Enfin « pour une catégorie étudiée de phénomènes, il est nécessaire de faire des hypothèses complémentaires pour parvenir à la forme quadratique correspondante », ce qui est le langage même de M. Picard [1].

Mais, malgré ces restrictions et n'y eût-il en jeu aucune philosophie relativiste, ne serait-ce pas une chose bien digne d'être notée que de pouvoir passer de l'identité (1) au champ électromagnétique et aux métriques non euclidiennes ?

L'expression (2) donne davantage encore.

Remplaçons-y les deux dernières lignes du déterminant par

$$\begin{matrix} \Gamma^{\alpha}_{r1} & \Gamma^{\alpha}_{r2} & \Gamma^{\alpha}_{r3} & \Gamma^{\alpha}_{r4} \\ \Gamma^{r}_{\beta 1} & \Gamma^{r}_{\beta 2} & \Gamma^{r}_{\beta 3} & \Gamma^{r}_{\beta 4} \end{matrix},$$

les indices α, β, r étant invariables pour un même déterminant. Les expressions analogues, où les dernières lignes des déterminants seraient

$$\begin{matrix} \dfrac{\partial}{\partial x_1} & \dfrac{\partial}{\partial x_2} & \dfrac{\partial}{\partial x_3} & \dfrac{\partial}{\partial x_4} \\ \Gamma^{\alpha}_{\beta 1} & \Gamma^{\alpha}_{\beta 2} & \Gamma^{\alpha}_{\beta 3} & \Gamma^{\alpha}_{\beta 4} \end{matrix},$$

sont identiquement nulles. Par addition on constitue des

$$F^{\alpha}_{\beta ik} = \frac{\partial \Gamma^{\alpha}_{\beta k}}{\partial x_i} - \frac{\partial \Gamma^{\alpha}_{\beta i}}{\partial x_k} + \Gamma^{\alpha}_{ri}\Gamma^{r}_{\beta k} - \Gamma^{\alpha}_{rk}\Gamma^{r}_{\beta i}$$

qui sont les composantes du tenseur de courbure [2].

(1) *Loc. cit.*, p. 681.

(2) H. Weyl, *Raum, Zeit, Materie*, 4e édition, p. 107.

Je n'essaie point ici de justifier davantage ce résultat qui sera développé dans le second Mémoire annoncé. En possession de ce tenseur (et du tenseur contracté), la théorie se poursuit avec le principe d'Hamilton et les méthodes ordinaires du Calcul des variations comme le montre si magistralement M. Th. De Donder dans sa *Gravifique einsteinienne*.

PHYSIQUE. — *Sur la théorie de relativité et l'expérience de M. Sagnac.* Note de M. P. Langevin.

D'intéressantes remarques sur la théorie de relativité ont été présentées récemment par MM. Painlevé et Picard. Je montrerai ultérieurement comment les difficultés soulevées par M. Painlevé ne sont qu'apparentes et comment on peut mettre à profit ses critiques.

Je désire ici me placer au point de vue purement expérimental et rappeler que cette théorie est la *seule* qui permette actuellement de représenter l'ensemble des faits expérimentaux connus et qui possède en outre la remarquable puissance de prévision confirmée de manière si éclatante par la déviation des rayons lumineux et le déplacement des raies spectrales dans le champ de gravitation du Soleil.

Pour montrer combien cette synthèse est complète et répondre en même temps au désir exprimé par M. Picard, je vais montrer comment la théorie de relativité généralisée explique, de manière quantitative, le résultat de l'expérience de M. Sagnac et en donne en même temps l'interprétation la plus simple et la plus conforme à la nature des choses.

On sait que M. Sagnac fait interférer deux rayons lumineux issus d'une même source après leur avoir fait parcourir, grâce à des miroirs convenablement placés, un même circuit fermé dans des sens opposés. Il constate que la mise en rotation avec une vitesse angulaire ω de la plate-forme qui porte l'ensemble du système optique produit un déplacement des franges qui correspond à une différence $\frac{4\omega A}{c^2}$ entre les durées de parcours du même circuit dans les deux sens, A représentant l'aire intérieure au circuit projeté sur un plan normal à l'axe de rotation et c la vitesse de la lumière.

Remarquons tout d'abord qu'il s'agit d'une expérience du premier ordre $\left(\text{en } \frac{\omega R}{c}, \text{ R étant le rayon de la plate-forme}\right)$, sur laquelle toutes les théories de l'optique, mécaniques, électromagnétiques ou relativistes sont d'accord, qualitativement et quantitativement, et qui ne peut témoigner pour ni

contre aucune d'entre elles. On ne saurait donc, à aucun point de vue, comparer cette expérience à celle de M. Michelson. Celle-ci est du second ordre en fonction de la vitesse de translation, et son importance tient à ce qu'elle est venue mettre en évidence de manière aiguë la nécessité d'introduire une cinématique nouvelle, imposée d'ailleurs par l'accord remarquable entre les équations de la théorie de Lorentz et l'ensemble des phénomènes électromagnétiques et optiques.

Bien que toutes les théories prévoient le résultat de M. Sagnac, on l'obtient de la manière la plus simple et la plus naturelle en se plaçant au point de vue de la relativité généralisée et en y voyant l'influence sur la propagation de la lumière du champ de gravitation particulier aux observateurs liés à la plate-forme en rotation, le même champ qui se manifeste mécaniquement par les effets de force centrifuge ou gyroscopiques.

Cette expérience, loin de constituer une difficulté pour la théorie de relativité, lui fournit ainsi un des exemples d'applications les plus immédiats.

Les caractères de symétrie du phénomène de rotation, et en particulier le fait que la rotation change de sens avec l'orientation de l'observateur suivant l'axe, exigent que la marche d'horloges portées par la plate-forme ainsi que les dimensions de celle-ci ou de règles qui lui sont liées ne soient modifiées qu'au second ordre en $\frac{\omega R}{c}$ par rapport à la marche d'horloges ou aux dimensions de règles de même construction liées à des observateurs sans rotation, ces modifications ne devant pas changer avec le signe de ω. On sait par exemple que les déformations élastiques de la plate-forme et des appareils, déformations dont il faudrait tenir compte si la précision pouvait être poussée au second ordre, ne dépendent pas du sens de rotation.

Il en résulte que si l'on représente par (x, y, z, t) et (x', y', z', t') les coordonnées espace-temps d'un même événement par rapport à des axes rectangulaires liés à la plate-forme et à des axes sans rotation respectivement, les relations habituelles de la cinématique ancienne subsistent au premier ordre entre ces deux systèmes de coordonnées. Les axes des z et des z' étant tous deux parallèles à l'axe de rotation, et les événements origines en coïncidence, on a

$$x' = x\cos\omega t - y\sin\omega t, \qquad y' = x\sin\omega t + y\cos\omega t, \qquad z' = z, \qquad t' = t.$$

L'invariant fondamental, qui, pour les observateurs sans rotation a la forme euclidienne habituelle

$$ds^2 = c^2 dt'^2 - dl'^2, \qquad dl'^2 = dx'^2 + dy'^2 + dz'^2,$$

prend dans le système de référence lié à la plate-forme la valeur obtenue par substitution, et dans laquelle je néglige les termes en ω d'ordre supérieur au premier :

$$ds^2 = c^2 dt^2 - 2\omega(x\,dy - y\,dx)\,dt - dl^2, \qquad dl^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2.$$

La propagation d'un rayon lumineux, caractérisée par la condition $ds^2 = 0$, correspond à la relation

$$c^2 dt^2 - 4\omega\,dA\,dt - dl^2 = 0,$$

où $dA = \frac{1}{2}(x\,dy - y\,dx)$ représente la surface du triangle ayant pour sommet l'origine des coordonnées et pour base la projection sur le plan des x, y de l'élément du rayon lumineux vu par les observateurs liés à la plate-forme.

Cette relation peut s'écrire, au même ordre d'approximation :

$$dt = \frac{dl}{c} + \frac{2\omega}{c^2}\,dA;$$

d'où, par intégration le long d'un contour fermé :

$$t_1 = \frac{l}{c} + \frac{2\omega A}{c^2},$$

A représentant l'aire du contour projeté sur un plan normal à l'axe de rotation.

Pour le rayon qui suit le même contour en sens inverse, l'aire change de signe et l'on a

$$t_2 = \frac{l}{c} - \frac{2\omega A}{c^2},$$

d'où la différence $\frac{4\omega A}{c^2}$ conforme au résultat expérimental de M. Sagnac.

Au sens général introduit par M. Einstein où le champ de gravitation est représenté par l'ensemble des dix potentiels g_{ik}, l'expérience de M. Sagnac mesure l'influence sur la propagation de la lumière des potentiels g_{14} et g_{24} respectivement égaux à $2\omega y$ et à $-2\omega x$, et qui seuls sont modifiés *au premier ordre* par la rotation.

Il en est de même pour les effets de force centrifuge composée ou gyroscopiques par opposition avec les effets de force centrifuge statique qui sont du second ordre et qui correspondent au potentiel g_{44} dont la valeur exacte au second ordre est $c^2 - \omega^2(x^2 + y^2)$.

Cette expérience optique du premier ordre s'apparente ainsi à l'expérience du pendule de Foucault ou à celle du gyroscope et manifeste une fois de plus depuis Newton la possibilité de mettre en évidence le mouvement de rotation d'un système matériel par des expériences intérieures au système.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la théorie de la pile.* Note de M. **Décombe**, transmise par M. E. Bouty.

1. Les équations sur lesquelles Gibbs (¹) a fondé la théorie correcte de la pile impliquent l'hypothèse suivante que certains auteurs (²) ont pris pour base de la théorie :

« Le travail fourni par une pile hydro-électrique en activité est égal à la chaleur non compensée que dégagerait la réaction chimique si elle s'accomplissait en circuit ouvert. »

Cette hypothèse (qui ne se trouve nulle part explicitée dans le Mémoire de Gibbs, d'où la notion même de chaleur non compensée est totalement absente) permet, en effet, de rendre très exactement compte des différences que l'expérience révèle entre la chaleur chimique et la chaleur voltaïque de la pile.

Je me propose de montrer ici qu'on peut établir la théorie de la pile sur une proposition beaucoup plus simple, presque intuitive, qui résulte immédiatement des principes sur lesquels nous avons édifié la théorie électronique de la chaleur non compensée (³). Cette proposition est la suivante :

« La chaleur non compensée dégagée dans une pile en activité par la réaction chimique qui s'y accomplit est égale à la chaleur de Joule (ri^2dt) qui s'y développe en vertu de sa résistance intérieure r et du courant i qui y circule. »

En d'autres termes, et conformément aux vues que nous avons développées touchant l'origine électrique de la chaleur non compensée, la chaleur de Joule intérieure (ri^2dt) n'est autre chose que l'expression en termes électriques de la chaleur non compensée dégagée dans la pile par la réaction chimique qui s'y accomplit.

(¹) Gibbs, *Transactions of the Connecticut Academy*, t. 3, 1878.

(²) Duhem, *Introduction à la Mécanique chimique*, p. 130.

(³) *Comptes rendus*, 6 février et 15 mai 1911, et *Journal de Physique*, 1911.

Soient, en effet, W l'énergie cinétique de la pile, U son énergie intérieure, S son entropie, v son volume, θ sa température, p la pression extérieure et L le coefficient de self-induction du circuit.

La chaleur non compensée élémentaire *dégagée* par la réaction chimique s'accomplissant dans la pile s'exprime, dans notre hypothèse, par $-ri^2dt$; celle dégagée dans le circuit extérieur a pour valeur $-Ri^2dt$. La totalité de la chaleur non compensée a donc pour expression $-(R+r)i^2dt$ et le principe de l'équivalence s'écrit

$$(1) \qquad dW + dU = J\Theta\,dS - (R+r)i^2\,dt - Li\,di - p\,dv,$$

$Li\,di$ désignant le travail électromagnétique et $p\,dv$ le travail accompli contre la pression extérieure.

Considérons maintenant *la même* réaction chimique (caractérisée par *les mêmes* valeurs de dU, dS et dv, et, par conséquent, par la même masse de métal dissous), mais s'accomplissant en circuit ouvert. Soient δQ_n la chaleur non compensée dégagée dans cette réaction et d_1W la variation de force vive. Nous avons à écrire

$$(2) \qquad d_1W + dU = J\Theta\,dS - \delta Q_n - p\,dv,$$

d'où, par soustraction,

$$(3) \qquad \delta Q_n + d_1W - dW = (R+r)i^2\,dt + Li\,di;$$

or

$$(R+r)i + L\frac{di}{dt} = E,$$

E désignant la force électromotrice de la pile. On a donc

$$(4) \qquad \delta Q_n + d_1W = Ei\,dt + dW,$$

tandis que la pseudo-hypothèse de Gibbs se traduirait simplement par

$$\delta Q_n = Ei\,dt.$$

Mais les variations de force vive dW et d_1W (dont Gibbs ne tient pas compte dans son Mémoire) pouvant être considérées comme négligeables, les relations (4) et (5) sont pratiquement équivalentes. Elles le sont *rigoureusement* si la réaction considérée (caractérisée par les valeurs de dU, dS et dv) s'effectue dans les deux cas (c'est-à-dire en circuit ouvert et en circuit fermé) *dans le même temps*, car alors les vitesses et, par suite, les forces vives

sont constamment égales et l'on a

$$d_1 W = dW.$$

2. On peut obtenir beaucoup plus simplement les résultats précédents. On peut imaginer, en effet, qu'il se développe en chacun des points P_1, P_2, ... de la surface de contact des substances réagissant en circuit ouvert une force électromotrice E donnant lieu à de petits courants i_1 i_2, i_3, ... que la fermeture de circuit a pour effet d'orienter parallèlement à une direction commune en donnant lieu au courant total de la pile $I = i_1 + i_2 + \ldots$. Or, on tire de là :

$$E i_1\, dt + E i_2\, dt + \ldots = EI\, dt,$$

relation dont le premier membre représente la chaleur de Joule développée par les courants locaux i_1, i_2, ... (et, par conséquent, en vertu de notre hypothèse, la chaleur non compensée dégagée par la réaction chimique s'accomplissant en circuit ouvert), tandis que le second représente le travail électrique accompli pendant le même temps par la pile en activité. Nous retrouvons ainsi la relation (5), laquelle est *numériquement* vérifiée par l'expérience.

En résumé, l'hypothèse fondamentale que nous avons proposée touchant l'origine électrique de la chaleur non compensée et dont nous avons déjà éprouvé la valeur dans le cas des diélectriques et celui des substances conductrices non décomposées par le courant, s'étend encore au cas des électrolytes, où il trouve une intéressante vérification numérique.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur un nouveau procédé de dosage du fluor à froid.* Note de M. **Travers**, présentée par M. Haller.

Les deux méthodes de dosage du fluor les plus anciennement appliquées sont : la méthode de Berzélius : précipitation à l'état de CaF^2, et la méthode de Wöhler, reprise par Frésenius [1] : volatilisation du fluor à l'état de SiF^4 et détermination du fluor, soit par pesée de SiF^4 (Frésenius), soit par transformation de SiF^4 en SiF^6K^2 (Tammann, Carnot, Penfield).

La méthode de Berzélius a été étudiée, avec grand soin par Seemann [2].

---

(1) *Zeit. für anal. Chem.* t. 5, 1866, p. 190.
(2) *Zeit. für anal. Chem.* t. 44, 1905, p. 343.

Il a montré, comme l'a ensuite confirmé Koch [1], qu'elle fournissait des résultats très mauvais, l'erreur pouvant atteindre 15 pour 100. Les raisons possibles de cet écart peuvent être :

1° Une précipitation incomplète de CaF^2, en raison de sa solubilité dans l'eau pure, ou l'acide acétique étendu. L'auteur n'a pu expliquer ainsi qu'une perte de 2 à 3 pour 100.

2° Une volatilisation du fluor; l'auteur n'a pas pu en déceler.

3° L'entraînement du fluor par la silice précipitée au cours du dosage : Seemann n'a pu en mettre en évidence; d'ailleurs l'exactitude des résultats trouvés pour SiO^2, *en l'absence d'alumine* [2], est une preuve indirecte de l'absence de fluor dans la silice.

Seemann conclut en disant que cette méthode ne peut être conservée qu'en analyse qualitative.

La seconde méthode est d'une application délicate; en particulier, si l'on utilise, comme Treadwell et Koch [3], le titrage de l'acide mis en liberté par action de SiF^4 sur la solution aqueuse de KCl, il faut être sur qu'il ne se dégage ni SO^3, ni SO^2, ou que ces gaz sont retenus parfaitement.

Récemment, Wagner et Ross [4] ont donné un moyen d'éviter cette erreur; une autre difficulté est la nécessité d'éviter toute trace d'humidité dans l'appareil. Si ces précautions ne sont pas observées, il se produit des compensations qui peuvent faire croire à des résultats corrects, alors que l'analyse est fausse.

La méthode que nous allons décrire est simple, relativement rapide, et nous a donné déjà d'excellents résultats pour le dosage du fluor dans les fluorures solubles, dans CaF^2, dans BF^4K, où la présence du bore ajoute une difficulté dans les autres méthodes. Nous n'avons pas encore pu l'appliquer aux composés fluorés renfermant de *l'alumine*, tels que la plupart des complexes naturels du fluor, cryolithe, topaze, etc. Des recherches se poursuivent.

Principe de la méthode. — Le fluor est précipité *à froid à l'état de* SiF^6K^2, que nous dosons volumétriquement, comme il a été indiqué dans une précédente Note [5].

---

(1) *Amer. Chem. Soc.* 1907, p. 1126.

(2) TRAVERS, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 714.

(3) TREADWELL, *Analyse quantitative*, p. 437 (Dunod et Pinat, éditeurs).

(4) *Chemiker Zeit.*, octobre 1921, p. 974.

(5) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 714.

La méthode est en somme la contre-partie de celle que nous avons décrite pour le dosage de la silice.

Le fluor est amené à l'état de fluorure alcalin soluble. Dans la solution, généralement alcaline, du fluorure, on ajoute une proportion connue de SiO^2, à l'état de silicate de *potasse* [il suffit d'employer deux fois environ la proportion théorique de SiO^2 (¹), correspondant à la transformation de F en SiF^6K^2]; on neutralise ensuite en présence d'hélianthine, par l'acide chlorhydrique, dont on verse un faible excès (2^{cm^3} environ); on ajoute du chlorure de potassium solide, de façon à avoir une concentration de 20 pour 100 environ; on filtre sur filtre dur (²), on lave avec une solution de KCl à 20 pour 100, jusqu'à disparition de l'acidité (indicateur : hélianthine). Et l'on titre volumétriquement SiF^6K^2 à l'ébullition avec une liqueur de KOH $\frac{N}{5}$; 1^{cm^3} correspond à $5^{mg},7$ de fluor.

La méthode a été étudiée à partir de KF.HF *pur*.

	Pesée.	F théor.	F trouvé.
	g	g	g
KF.HF..........	0,413	0,201	0,200
	0,341	0,165	0,1635
	0,543	0,2644	0,2633

La manipulation peut être faite entièrement dans des appareils en verre, si l'on part de faibles concentrations en fluorures neutres, ce qui est le cas des analyses.

Pour la fluorine, le fluor est transformé en fluorure de sodium par la méthode de Berzélius avec quelques légères modifications qui seront décrites dans un Mémoire ultérieur.

Cette méthode simple présente, d'autre part, l'intérêt de fournir un réactif *à froid* du fluor dissimulé, réactif qui peut rendre dans l'étude des complexes du fluor les mêmes services que le nitrate d'argent dans les chlorures complexes du chrome ou du cobalt.

On peut, par exemple, à l'aide de ce procédé, suivre la décomposition progressive du complexe cryolithique, par action de la chaleur, en présence du mélange silicate de potasse et acide chlorhydrique.

Il nous a permis de mettre en évidence du fluor dissimulé dans un fluorure d'aluminium hydraté que nous décrirons ultérieurement.

Enfin la méthode permet un dosage simple et relativement rapide du fluor dans les fluoborates alcalins.

(¹) Une plus forte teneur rend la filtration ultérieure et le lavage plus lents.

(²) Il est bon de s'assurer que le filtre est suffisamment dur et ne laisse pas passer de fluosilicate.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dibromoanthraquinones homonucléaires.* Note (1) de M. **Grandmougin**.

Pour élucider la constitution de la dibromoanthraquinone historique ayant servi à MM. Græbe et Liebermann à la synthèse de l'alizarine, j'ai été amené à préparer avec mes collaborateurs, MM. Sack et Seidl, les quatre dibromoanthraquinones homonucléaires : 1.2; 2.3; 1.3 et 1.4.

Cette préparation s'effectue par des réactions classiques, en prenant comme point de départ des composés à constitution connue.

Pour la 1.2-dibromoanthraquinone on part de l'α-amidoanthraquinone qui, bromée en milieu acétique, donne la 1-amido-2-bromoanthraquinone. On y remplace ensuite le groupe amidogène par le brome (en passant par le diazo et le perbromure).

La 2.3-dibromoanthraquinone résulte de la même façon à partir de la 2-amido-3-bromoanthraquinone. Celle-ci a été obtenue en débromant la 1.3-dibromo-2-amidoanthraquinone qui se forme en dibromant la 2-amidoanthraquinone (2). (Brevet allemand n° 158474.)

La 1.3-dibromoanthraquinone peut se faire soit par désamidation de la 1.3-dibromo-2-amidoanthraquinone, déjà mentionnée, ou à partir de la 1-amido-2.4-dibromoanthraquinone qui se prépare d'une façon quantitative en dibromant l'α-amidoanthraquinone (signalée en premier lieu dans le brevet allemand n° 115048).

Cette dibromoanthraquinone a du reste été décrite depuis par MM. Ullmann et Eiser (3). Les propriétés que ces auteurs lui attribuent concordent du reste avec celles que nous avons nous-même observées.

Enfin la 1.4-dibromoanthraquinone a été obtenue à partir de la 1-bromo-4-nitroanthraquinone par réduction, puis en remplaçant le groupe amidogène par le brome. Cependant, comme lors de la réduction une partie du brome est enlevée, on n'obtient pas par ce procédé un produit absolument pur (point de fusion 176° au lieu de 196°).

Il vaut mieux, ainsi que viennent de le faire tout récemment MM. Battegay et Claudin (4), prendre comme point de départ la 1.4-diamidoanthraquinone.

(1) Séance du 17 octobre 1921.

(2) Ullmann et Junghans, *Ann. Chem.*, t. 399, p. 336.

(3) *Ber.*, t. 49, 1916, p. 2154.

(4) *Bull. Soc. Ind. Muth.*, décembre 1920.

Voici les caractéristiques des quatre dibromoanthraquinones homonucléaires :

	Point de fusion.
1.2-dibromoanthraquinone	221°
2.3- »	283
1.3- »	210
1.4- »	196

Nous compléterons ces données en signalant que l'on connaît également les dérivés hétéronucléaires suivants :

	Point de fusion.
1.5-dibromoanthraquinone	292°
2.6- »	279°-280°
2.7- »	248°
1.8- »	230°

qui sont décrites dans différents brevets et publications.

Il n'est peut-être pas sans intérêt de mentionner que la dernière édition du *Memento du chimiste* (4e édition, 1921) ne signale que deux dibromoanthraquinones avec les préfixes α et β sans indication de position. On peut affirmer, d'une façon à peu près certaine, que le dérivé α n'est autre que le dérivé 2.7, et que le dérivé β n'est autre que la 2.3-dibromoanthraquinone historique.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'emploi de la radiogoniométrie dans l'étude des orages et des parasites atmosphériques*. Note [1] de M. E. **Rothé**, présentée par M. E. Bouty.

A partir de 1911, je m'étais proposé d'étudier l'effet des variations atmosphériques sur la propagation des ondes hertziennes en utilisant des signaux émis spécialement à cet effet par la station radiotélégraphique de la Tour Eiffel [2].

Ces observations furent fréquemment troublées par les « parasites » et dès cette époque j'avais eu l'impression très nette que ce n'étaient pas seulement les orages locaux, mais des phénomènes souvent très lointains qui amenaient ces perturbations, et c'est pourquoi j'avais demandé à la station émettrice de bien vouloir noter, comme le faisait aussi la station réceptrice,

---

(1) Séance du 2 novembre 1921.

(2) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 193, 1454; t. 158, 1914, p. 699.

les conditions météorologiques. Je n'utilisais à cette époque, comme tous les physiciens qui s'occupaient de ces questions, que des antennes pour la réception.

Au cours de la guerre, l'emploi des amplificateurs rendit la réception plus sensible et les cadres mobiles permirent d'effectuer d'une façon simple les recherches de radiogoniométrie. Dès lors, l'étude des orages pouvait devenir plus précise puisque non seulement on pouvait accuser la présence d'une manifestation orageuse, mais encore en déterminer la direction et la marche.

Des observations commencées à Saint-Cyr en 1917, à la demande des services militaires, furent continuées à Strasbourg après l'armistice, et poursuivies depuis, chaque année, en été, à l'époque des périodes orageuses. L'observation et la distinction des parasites nécessitent une technique délicate acquise par l'expérience.

I. *Mode opératoire*. — On emploie le montage classique des cadres radiogoniométriques, mais la technique opératoire est particulière, car on doit déterminer non pas seulement des maximums d'intensité, mais des maximums de fréquence; aussi est-on amené à compter les décharges des parasites par minute suivant les divers azimuts.

II. *Longueurs d'onde*. — Les longueurs d'onde propres du cadre importent peu. Il ressort des expériences faites qu'il est préférable d'employer *une grande longueur d'onde, donc un grand nombre de spires* puisque les décharges lointaines à grande énergie sont aussi à grande longueur d'onde, mais il ne faut pas oublier qne les décharges atmosphériques sont *très amorties* et qu'il n'y a pas à proprement parler de phénomène de résonance, mais plutôt *fonctionnement par choc*, le cadre vibrant avec sa période propre.

III. *Parasites divers*. — Les parasites entendus dans le téléphone donnent des bruits très différents.

En dehors de ces bruits spéciaux, nous distinguerons :

1° Craquements et claquements. Ce sont les parasites les plus fréquents, observés surtout dans la journée, que les Anglais nomment *clicks*. Nous appellerons craquements ceux dont la note est la plus basse, ressemblant au bruit d'un morceau de bois que l'on brise, réservant le nom de claquements aux bruits de note plus élevés que les précédents et surtout plus brefs et plus secs. Ils ont une fréquence très variable et parfois sont assez nombreux, quoique distincts entre eux, pour former une sorte de crépitement continu tout à fait différent cependant des craquements.

2° Nous réserverons le nom de décharges à des manifestations qui s'entendent plus rarement, sont d'assez longue durée (parfois jusqu'à 5 secondes), présentent un bruit métallique intense, de note élevée, très nette et conservant, pendant leur durée entière, la même intensité et la même hauteur.

IV. *Méthode d'inscription.* — Cette distinction très subjective des parasites à l'oreille nécessite une grande habitude et il est avantageux de substituer au téléphone un appareil inscripteur, tel que le galvanomètre oscillographe à fer mobile de M. Abraham. On peut ainsi inscrire les parasites pendant quelques minutes sur chaque azimut et dépouiller ensuite les bandes d'inscription. Les défauts dus à l'oreille et les interprétations personnelles disparaissent ainsi.

V. *Origine des décharges. Étude d'un orage.* — Des nombreuses observations faites, on a pu conclure que les décharges ne semblent dues qu'à des nuages orageux plus ou moins proches. L'inscription qui dure souvent plus d'une minute sans interruption est formée d'une série ininterrompue de vibrations. Quand l'orage est à l'horizon en une région déterminée, on peut *en repérer aisément la direction.* On peut même alors suivre sa marche et sa trajectoire, on peut trouver sa distance en mesurant l'intervalle de temps compris entre une décharge au téléphone et le coup de tonnerre suivant. Il n'en est plus de même, si l'on est en présence *d'un front orageux ou d'un orage très proche :* les parasites sont alors *également intenses et fréquents sur tous les azimuts.* Il n'est pas possible de déterminer de maximum. On a parfois inscrit la décharge correspondante à des *éclairs visibles*, qui donnent naturellement des inscriptions de genre *décharge;* d'autres inscriptions de ce genre correspondent à des *chutes de grêle.*

VI. *Origine des craquements.* — Les craquements et les claquements se manifestent sur les bandes d'inscription par des encoches de plus ou moins grande amplitude et plus ou moins espacées. Ils doivent correspondre à des *décharges intenses, mais très lointaines,* telles que seul le commencement de la décharge peut être inscrit ou encore à des variations brusques de potentiel de masses à grande capacité, comme des couches d'air ou de vapeur d'eau chargées, subitement entraînées dans des tourbillons, des cyclones, des mouvements violents, ce qui peut amener de violentes décharges, mais médiocrement oscillantes.

Ce qui oblige à penser que les claquements ont bien une origine lointaine, c'est le fait que souvent au-dessus de Strasbourg, où les expé-

riences furent faites, le ciel était bleu et pur, tandis que les claquements étaient violents tant en intensité qu'en fréquence.

VII. *Prévision du temps.* — De ce qui précède, il résulte qu'il est possible de fonder sur l'observation des parasites une méthode de prévision du temps.

S'il y a des décharges dans tous les azimuts, un front orageux est proche. S'il y a des décharges dans une direction déterminée, il y a un foyer orageux dans cette direction et l'on pourra probablement le suivre et déterminer la trajectoire.

S'il y a des claquements et des craquements avec maximum net dans une direction bien définie, il se produit au loin, dans cette direction, des phénomènes violents : orages, mouvements d'air ou tourbillons.

Dès que la méthode radiogoniométrique se sera répandue, elle deviendra susceptible d'apporter une contribution importante à la prévision du temps et à la marche des orages. Elle sera surtout utile dans les régions agricoles.

En particulier, M. Lacoste a établi des relations intéressantes entre la direction des maximums observés et la situation des dépressions au cours de l'été dernier.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la relation existant entre les directions des dépressions et les directions des maximums des parasites atmosphériques.* Note de M. **J. Lacoste**, transmise par M. Bouty.

J'ai exécuté, au cours de l'été de 1921, des observations sur les parasites atmosphériques en employant le dispositif radiogoniométrique de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg :

J'ai utilisé, à cet effet, à la fois la méthode auditive au téléphone et la méthode d'inscription (oscillographe) pour procéder d'une manière rationnelle à la détermination des maximums soit d'intensité, soit de fréquence.

Des observations continues pendant plusieurs mois m'ont conduit à rattacher la fréquence des parasites dans une direction déterminée à l'existence de dépressions, dans cette direction. J'ai ainsi observé un certain nombre de faits qui m'ont conduit à proposer les lois suivantes :

1° S'il existe une dépression lointaine bien caractérisée, à isobares fermées nettement concentriques, le maximum observé est vers la région sud ou sud-est de cette dépression ; le déplacement de la direction du maximum et la variation d'intensité des parasites permettent de suivre la dépression ;

2° S'il existe une dépression dont le centre est très éloigné et dont les isobares ont une courbure moins prononcée, le maximum est encore vers la périphérie sud ou sud-est de la dépression. Il est moins nettement caractérisé que dans le cas précédent;

3° Les dépressions secondaires, les poches barométriques, les cols barométriques *voisins* correspondent à des fronts orageux, et le maximum est difficile à déterminer : les parasites sont alors violents dans tous les azimuts;

4° Un point orageux *voisin* donne des parasites violents dans la direction de l'orage.

Ces observations m'ont permis, ainsi que M. Rothé a pu le vérifier à différentes reprises, non seulement de suivre le déplacement des dépressions connues, mais encore de prévoir l'arrivée de nouvelles dépressions dont l'existence n'a été connue que le lendemain.

J'ai pu également établir *a posteriori* une correspondance frappante entre les observations de maximums, faites en 1920 par un autre expérimentateur, et les situations dépressionnaires.

A titre d'exemples, j'indiquerai les faits suivants :

28 *juillet*. — Matin $5^h 20^m$: parasites violents sur NNW. Orages vallée Moselle. — $7^h 20^m$: parasites en diminution; plus d'orages en Alsace. — 15^h : maximum net SW. *La situation isobarique avait donc changé et en effet une dépression à centre Saint-Mathieu envahissait le sud-ouest de la France* (première loi : prévision d'une nouvelle dépression).

29 *juillet*. — Maximum NNW. Le centre dépressionnaire s'est déplacé sur Shields (première loi : déplacement d'une dépression).

5 *août*. — Les parasitesviolents sur tous les azimuts me font conclure à une poche barométrique voisine, aperçue plus tard sur la carte. Orages Vosges, Lorraine, Moselle (troisième loi : poche barométrique).

4 *août*. — Max. NNW Donc nouvelle dépression lointaine.

5 *août*. — Max. NNW. Parasites plus nombreux et plus violents. La dépression s'approche (la presse annonce de nombreux orages sur l'Angleterre).

6 *août*. — Max. N. La dépression marche vers la droite, comme l'indiquera plus tard la carte.

8 *août*. — Max. N, puis NNE. La dépression envahit la Hollande et le Danemark.

9 *août*. — Max. NNE. — La dépression s'éloigne (dépression suivie par l'observation des parasites).

10 *août*. — Des parasites très violents dès le matin sur tous les azimuts me font annoncer une dépression secondaire voisine. Le soir, orages sur Strasbourg et dans la région (front orageux connu avant le tracé d'aucune carte).

17 *août*. — Dès le matin les parasites sont faibles sur tous les azimuts. A 11^h, des

parasites violents sur SW me font annoncer une nouvelle dépression. Elle ne peut pas être une poche barométrique, le maximum est trop bien déterminé. On apprendra plus tard qu'une dépression envahissait le sud-ouest de la France (origine des orages dans le Midi, annonce d'une dépression).

18 *août.* — Parasites encore plus nombreux et plus violents SSW.

18 *août.* — Dépression Espagne, Golfe de Gascogne. (Les orages continuent dans le Midi).

19 *août.* — Max. WSW violents.

20 *août.* — Max. WSW. Déplacement de la dépression ci-dessus.

21 *août.* — Max. WNW. Son centre est sur le Pas de Calais. (Déplacement de la dépression; son voisinage était indiqué par l'intensité parasitaire).

26 *août.* — Dépression ancienne sur Baltique. Or le maximum trouvé dès le matin est NW-SE. Je conclus à une nouvelle dépression invisible sur la carte du 26 ou *sur la mer du Nord* ou *sur l'Adriatique.* La première hypothèse était la vraie.

27 *août.* — Les parasites NW deviennent plus intenses. La dépression trouvée se rapproche.

29 *août.* — Parasites encore intenses sur NNW, son centre est encore voisin, mais il se déplace.

30 *août.* — Max. NNE, les parasites faiblissent, la dépression atteint la Baltique.

7 *septembre.* — Nous sommes sur un vaste plateau anticyclonique. Max. de parasites sur S. Dépression Méditerranée.

8 *septembre.* — Max. SSW. La dépression envahit l'Espagne.

9 *septembre.* — Max. régions W. Tout l'Atlantique est dépressionnaire.

10 *septembre.* — Max. NW. La dépression se déplace.

11 *septembre.* — Max. N. Elle marche vers la droite.

12 *septembre.* — Deux Max. 1er NE attribué à la vieille dépression; 2e WNW. Je l'attribue à une nouvelle dépression visible plus tard sur la carte.

15 *septembre.* — Nouveau Max. SW. Poche barométrique sur Golfe de Gascogne, origine de violents orages dans le Centre les 16 et 17 septembre.

21 *septembre.* — 14^h les parasites deviennent violents sur tous les azimuts. Je conclus à une poche barométrique, voisine, vue le lendemain sur carte. Orages Alsace et NE de la France.

L'oscillographe m'a permis l'inscription d'éclairs durant souvent plus d'une seconde ; or l'inscription continue de parasites lointains, par ciel clair, montre un grand nombre de décharges dont l'inscription est comparable à celle des éclairs observés. On est ainsi amené à conclure que la plupart des parasites atmosphériques sont bien dus à des phénomènes orageux plus ou moins éloignés et se produisent fréquemment dans les régions des ciels couverts. Enfin je crois bon de signaler qu'aux derniers jours de mes observations, il m'a paru que le brouillard facilitait la transmission des parasites.

L'étude des parasites me paraît donc pouvoir apporter, dans un grand nombre de cas, une contribution nouvelle à la prévision du temps.

GÉOLOGIE. — *Sur la pluralité des appareils éruptifs du Massif Cantalien.* Note de M[lle] **Yvonne Boisse** et de M. **Pierre Marty**.

La présente Note a pour but de montrer qu'il existe dans le massif volcanique du Cantal plusieurs appareils éruptifs, ce que l'on soupçonnait déjà d'ailleurs, et de décrire sommairement les principaux de ces appareils.

On sait que ce massif volcanique est constitué par une série de déjections très variées, où dominent les andésites qui constituent les cinq sixièmes de leur masse, et que l'activité volcanique s'est terminée par l'épanchement de grandes coulées basaltiques.

Au point de vue chronologique, les premières éruptions sont contemporaines des alluvions à *Hipparion gracile*, bien connues au Puy Courny et que l'on retrouve à Joursac; elles sont ainsi d'âge pontien. Vers le milieu du complexe andésitique, à Pont-de-Gail, une faune de Mollusques d'eau douce remonte au Plaisancien. Le niveau alluvial qui couronne le complexe andésitique renferme (Capels) une flore comprise entre le Plaisancien et l'Astien. Les derniers basaltes sont ravinés par des dépôts de pentes à Hippopotames, datant du Sicilien. Enfin, un complexe fluvio-glaciaire des pentes a donné, au Bousquet, une industrie chelléenne, et celui du fond des vallées (Arpajon), une faune aurignacienne, avec Rennes et Lions des cavernes.

Dans la pensée de Poulett-Scrope, Rames et aussi de M. Marcelin Boule, auquel on doit de beaux travaux sur le Cantal, le massif volcanique offrirait une caldeira unique et plusieurs cônes éruptifs distincts. La caldeira serait le périmètre de la région filonienne, sorte de laccolithe sur lequel sont implantés divers appareils individualisés. Seul, Rames a tenté la reconstitution des anciens cônes volcaniques du Cantal.

Il en a reconnu deux, le premier situé près du Puy Mary, qu'il a dénommé le mont Albert Gaudry, le second près du Lioran, le mont Saporta. Il nous semble possible de préciser, mieux que l'a fait Rames, l'emplacement, la nature et l'âge relatif de ces deux volcans.

La voie ferrée décrit entre Vic-sur-Cère et Murat un arc de cercle à concavité tournée vers le sud-est. Tous les cours d'eau qui drainent le secteur situé au sud-est de cette ligne rayonnent autour d'un point situé dans le voisinage du Plomb du Cantal (1858^{m}), ce qui revient à dire que cette région présente la forme d'un tronc de cône. Au sommet de ce tronc de cône existe une dépression circulaire de 2000^{m} de diamètre et de 500^{m} de profondeur, le cirque des Gardes.

Du Puy Lioran, on voit toutes les coulées qui couronnent ce massif, celui du mont Saporta, s'abaisser vers sa périphérie. Un arc de basalte est resté suspendu sur le bord du cratère, ainsi que des couches de lapilli qui pendent à 35° vers le Sud-Ouest; le tout représente les débris manifestes de l'ancien piton terminal de l'appareil. D'autre

part, le trachyphonolithe s'élève dans le cratère à 1250m ; mais à mesnre qu'on s'éloigne de ce centre, on voit ses affleurements présenter, dans toutes les directions, des altitudes régulièrement décroissantes. Il y a donc, au fond du cratère des Gardes, un cône de trachyphonolithe pontien sur lequel s'emboîte un cône andésitique plaisancien.

Le trachy-phonolithe du massif cantalien appartient, par conséquent, en propre, au volcan mio-pliocène du mont Saporta, dont l'autonomie est mise en lumière par la topographie, la stratigraphie et la pétrographie.

De même, au nord-ouest de la voie ferrée, les cours d'eau rayonnent autour d'un point idéal situé au-dessus du centre du cirque de Mandailles, à Rudez. Ici encore existe une montagne conique creusée en son centre d'une dépression cratériforme, c'est-à-dire présentant tous les caractères d'un volcan autonome, l'Albert Gaudry de Rames.

La dépression centrale, large de 6000m et profonde de 700m, est jalonnée par les Puys Chavaroche, Mary, Griou, etc.; le pendage rayonnant des coulées est ici moins net que sur les pentes du mont Saporta, il est pourtant possible de le suivre, et, d'autre part, les pointements trachy-phonolithiques du fond du cirque de Mandailles et de l'entonnoir de Font-Allagnon se rattachent manifestement au grand cône de même nature du mont Saporta. Cette roche fait partie intégrante du volcan Albert Gaudry; elle appartient à son soubassement. Par contre, le basalte porphyroïde lui appartient en propre; il manque au mont Saporta.

Ainsi, en résumé, le mont Saporta est un volcan mio-pliocène, trachytique, phonolithique, andésitique et basaltique, tandis que l'Albert Gaudry est un volcan presque exclusivement pliocène, composé de projections andésitiques, de basalte porphyroïde et d'andésite. La masse de l'Albert Gaudry est environ six fois supérieure à celle du mont Saporta.

La proximité de ces deux volcans (8000m au maximum) a eu pour conséquence que les coulées boueuses de l'Albert Gaudry ont en quelque sorte entouré de leurs tentacules la base du mont Saporta.

A l'époque pliocène il a dû se produire des alternances et des superpositions de coulées issues tantôt de l'un, tantôt de l'autre de ces deux appareils, les deux volcans demeurant distincts à leur sommet. Les vallées de la Cère et de l'Allagnon ont pris naissance à l'intersection des pentes des deux volcans : ce sont en effet des vallées structurales reprises par l'érosion.

Sur le bord du cratère du mont Albert Gaudry se dresse un massif phonolithique, dans lequel le Griou offre avec la Montagne Pelée une analogie signalée par M. Boule. Ce volcan est indépendant des deux autres.

Les monts Saporta et Albert Gaudry sont alignés suivant une direction armoricaine, SE-NO. Ils se trouvent sur une des plus grandes fractures de

la France centrale. Depuis Maruéjols, où elle met en contact le Jurassique inférieur avec l'Archéen, elle suit l'axe des volcans d'Aubrac, passe sous les volcans Saporta et Albert Gaudry, et, au flanc sud de ce dernier, marque l'emplacement du volcan du Griou. Celui-ci constitue le premier évent d'une traînée phonolithique qui, par la Roche-Taillade et Murat, s'étend jusqu'aux Orgues du Bort.

Il existe encore, dans le Cantal, des volcans basaltiques plus récents.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Boragacées. Les derniers stades du développement de l'embryon chez le* Myosotis hispida *Schlecht.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

On a vu comment se sont édifiés les cinq étages, *l*, *l'*, *m*, *n*, *n'*, du proembryon à douze cellules chez le *Myosotis hispida* (¹).

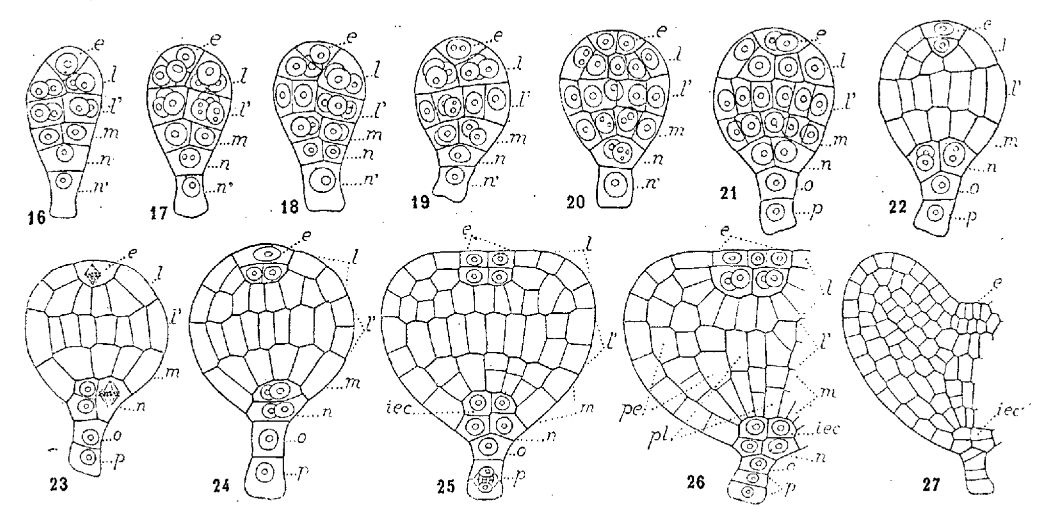


Fig. 16 à 27. *Myosotis hispida* Schlecht. — Les derniers stades du développement de l'embryon. *l*, *l'*, *m*, *n*, *n'*, les cinq étages du pro mbryon; *e*, épiphyse; *o* et *p*, cellules filles de *n'*; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire; *pe*, périblème; *pl*, plérome. G. = 360; 180 pour 27.

L'étage supérieur *l* donne naissance à la partie cotylée; il se compose de quatre éléments dont l'un, *e*, occupe le sommet et les trois autres un plan légèrement inférieur. C'est la cellule sœur de *e* qui se segmente, en règle très générale, la première

(¹) R. Souèges, *Embryogénie des Boragacées. Les premiers termes du développement de l'embryon chez le* Myosotis hispida *Schlecht* (*Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 726).

par une cloison verticale méridienne, pour donner deux éléments juxtaposés. Les quatre éléments que l'on remarque maintenant, à un même niveau, au-dessous de *e* (*fig.* 16), par des cloisons verticales, soit tangentielles, soit normales aux parois méridiennes, se convertissent en un plateau d'une douzaine de cellules environ. Aux dépens de ces cellules, s'érigent les deux cotylédons, les histogènes qui entrent dans leur constitution se différenciant selon les processus généraux déjà décrits chez d'autres espèces et que mettent suffisamment en relief les figures 23 à 27.

L'épiphyse, *e* (*fig.* 16 à 19), par une paroi méridienne, se sépare en deux cellules juxtaposées (*fig.* 20 et 21); celles-ci se segmentent ensuite tangentiellement (*fig.* 22 et 23) et les quatre nouveaux éléments engendrés se divisent à leur tour verticalement (*fig.* 24 et 25) de manière à donner naissance à deux groupes de quatre cellules superposées. On observe de nombreuses variations dans l'ordre des segmentations qui conduisent à la formation de ces deux groupes cellulaires, les cloisons périclines pouvant apparaître avant ou après les cloisons anticlines aux diverses étapes de ces cloisonnements. Durant la croissance des cotylédons, les cellules de ces deux tétrades se multiplient par parois verticales (*fig.* 26 et 27) et cessent bientôt de se distinguer des cellules voisines. Comme elles occupent seules l'étroite commissure cotylédonaire, c'est donc à leurs dépens que se formeront plus tard les différentes pièces du cône végétatif de la tige.

Les quatre cellules de l'étage *l'* (*fig.* 16), en se cloisonnant verticalement, donnent naissance à une assise cellulaire (*fig.* 17 à 24) qui, jusqu'au terme de la vie proembryonnaire, correspond nettement à la moitié supérieure de l'axe hypocotylé (*fig* 25). Au moment de la naissance des cotylédons, apparaissent, dans cette assise, les premières cloisons transversales et s'effacent les limites de séparation des deux étages *l'* et *m* (*fig.* 25 et 26). C'est également à cette période que la différenciation du périblème et du plérome se montre définitive dans l'axe hypocotylé.

Les deux éléments de l'étage *m* (*fig.* 16), par des cloisons méridiennes, se séparent en quatre cellules circumaxiales. Celles-ci continuent à se multiplier par des parois verticales et constituent une assise (*fig.* 20 à 24) qui correspond à la moitié inférieure de l'hypocotyle. Les cloisons transversales apparaissent dans cette assise au moment de la naissance des protubérances cotylédonaires (*fig.* 25 et 26). Les initiales du plérome au sommet radiculaire résultent de ces premières segmentations transversales des cellules adjacentes à l'axe de l'embryon. Dans la figure 27, elles sont très probablement différenciées.

L'élément *n* (*fig.* 16), par segmentations verticales méridiennes (*fig.* 18, 20, 21, 22), puis horizontales (*fig.* 23, 25), ou inversement, par divisions d'abord horizontales, puis verticales (*fig.* 24), donne naissance à deux groupes de quatre cellules superposées (*fig.* 25, 26). Les cellules du groupe supérieur sont les initiales de l'écorce au sommet radiculaire; celles du groupe inférieur constituent le rudiment central de la coiffe; elles prendront plus tard des cloisons tangentielles pour engendrer supérieurement les deux premières cellules de l'assise calyptrogène.

L'élément *n'* se divise transversalement (*fig.* 21); les deux cellules filles, *o* et *p*, se segmentent à leur tour de la même manière; la série des quatre éléments ainsi engendrés, n'offrant aucune différenciation spéciale, représente le suspenseur.

C'est aux *Nicotiana* [1] que le *Myosotis hispida* semble se rattacher le plus étroitement, au point de vue embryogénétique. Dans les deux cas, le proembryon hexacellulaire à quatre étages, *l*, *l'*, *m* et *ci*, sous la seule réserve de la direction de la paroi de segmentation dans l'étage supérieur, s'édifie de manière identique. Entre les deux formes, les différences les plus remarquables résident : 1° dans les destinées des trois étages inférieurs *l'*, *m* et *ci*; 2° dans l'individualisation très précoce, chez le *Myosotis*, d'une cellule épiphysaire qui engendre le cône végétatif de la tige.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Formation de l'anthocyane dans les fleurs de* Cobæa scandens *aux dépens des glucosides préexistants*. Note de M. **St. Jonesco**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans ses premières recherches sur la formation de l'anthocyane M. Raoul Combes [2] a émis l'hypothèse que ce pigment se constitue de toutes pièces dans les organes rouges des plantes. Plus tard, se basant sur les travaux de M. E. Rosé [3], il a trouvé dans les résultats obtenus par cet auteur la confirmation de son hypothèse.

Les nombreuses analyses que j'ai faites pour déterminer la quantité des glucosides qui se trouve dans diverses plantes étiolées, utilisées pour l'étude du phénomène de « rougissement », m'ont montré une contradiction entre les résultats obtenus par M. Rosé sur les fleurs non colorées de *Cobœa scandens* et ceux que j'ai trouvé sur les plantes étiolées prises comme sujet d'études. Dans ses recherches sur les fleurs non colorées et colorées de *Cobœa scandens*, cet auteur a déterminé la quantité de sucres et de glucosides qu'elles renferment. Dans les premières fleurs, il n'a pas trouvé de glucosides préexistants, fait qui a servi d'argument à l'hypothèse du premier auteur.

Or, sans entrer dans les détails, je me bornerai à faire remarquer que

(1) R. Souèges, *Embryogénie des Solanacées; Développement de l'embryon chez les* Nicotiana (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1125).

(2) Raoul Combes, *Rapport entre les composés hydrocarbonés et la formation de l'anthocyane* (*Ann. des Sciences naturelles*, 9e série, 1909).

(3) E. Rosé, *Etude des échanges gazeux et de la variation des sucres et des glucosides au cours de la formation des pigments anthocyaniques dans les fleurs de* Cobæa scandens (*Rev. gén. Bot.*, t, 26, 1914).

pour doser les glucosides, M. Rosé n'a pas essayé de précipiter ces glucosides par un réactif quelconque. Enfin, il considère comme glucosides les produits d'hydrolyse par l'acide sulfurique à l'autoclave, qu'il a trouvés, en retranchant de la totalité des sucres les autres produits que donne l'hydrolyse par l'invertine, et qui ont été dosés à part. Or rien ne prouve que ces sucres provenant de l'hydrolyse à l'autoclave proviennent de glucosides.

J'ai répété plusieurs fois les expériences de M. Rosé, et afin de rechercher la présence ou l'absence de glucosides, j'ai employé divers réactifs pour les précipiter. J'ai opéré sur des fleurs non colorées de *Cobœa scandens* qui étaient en bouton et sur celles épanouies ayant acquis une teinte verdâtre, mais sans présenter la moindre trace de pigmentation rouge (c'est-à-dire les fleurs des stades I et II de M. Rosé). J'ai aussi expérimenté sur les fleurs violettes bien pigmentées de la même espèce. J'ai préparé très rapidement un extrait alcoolique des corolles de toutes ces différentes fleurs, dans lequel j'ai obtenu par l'éther un précipité contenant déjà une partie des glucosides. Après la séparation de l'éther, j'ai passé le précipité dans l'alcool bouillant à 95° (1), qui dissout les glucosides. La liqueur alcoolique renfermant ces glucosides a une teinte jaune pour les fleurs non colorées et une belle teinte violette pour les fleurs pigmentées. Enfin j'ai reprécipité les glucosides de cette solution par l'acétate de plomb rigoureusement neutre. Après la séparation par filtrage et le lavage de ces corps, ils ont été passés dans l'eau sulfurique à 7 pour 100 et hydrolysés à l'autoclave à 120° pendant une heure.

Quant à la solution qui contient les glucosides non précipités au début par l'éther, elle a été traitée directement par l'acétate de plomb qui précipite ces corps, lesquels ont été traités de la même façon que les premiers et enfin hydrolysés.

Nous nous trouvons maintenant en présence de glucosides hydrolysés, obtenus par deux voies différentes : 1° les glucosides précipités par l'éther qui sont dissous dans l'alcool et enfin reprécipités par l'acétate de plomb; 2° les glucosides précipités directement par l'acétate de plomb.

Après la neutralisation de l'acide, les dosages ont été effectués d'après la méthode de Bertrand.

Les résultats que j'ai obtenus sont les suivants :

(1) Le précipité formé par l'éther ne se dissout pas complètement dans l'alcool bouillant. Le résidu informe a été traité par l'eau sulfurique à 7 pour 100 et enfin hydrolysé. Par l'hydrolyse, ces restes donnent des sucres réducteurs qui n'ont pas été comptés dans nos résultats.

Cobœa scandens

	Fleurs non colorées.		Fleurs colorées.	
	100g subst. fraîche.	100g subst. sèche.	100g subst. fraîche.	100g subst. sèche.
1. Glucosides précipités par l'éther, dissous dans l'alcool, et reprécipités par l'acétate Pb	0g,235	3g,233	0g,255	5g,563
2. Glucosides précipités directement par l'acétate Pb	0g,329	4g,502	0g,140	2g,338
Glucosides totaux	0g,564	7g,735	0g,395	7g,891

M. Rosé, dans les fleurs non colorées, et même dans celles déjà légèrement violacées, a toujours constaté l'absence de glucosides. On voit, au contraire, d'après les nombres précédents que les fleurs, même non colorées, renferment une notable quantité de glucosides, qui est à peu près la même chez les plantes non colorées que celle des glucosides anthocyaniques des fleurs violettes.

C'est aux dépens de ces glucosides préexistants que se forment les glucosides anthocyaniques, comme beaucoup d'auteurs l'ont déjà démontré.

Par conséquent les expériences de M. Rosé, sur lesquelles s'appuyait l'hypothèse de M. Combes, sont inexactes. Il faut donc abandonner cette manière de voir, au moins pour le cas de *Cobœa scandens*, d'autant plus que, dans les fleurs non colorées de la même plante, il existe un pigment jaunâtre, qui a été extrait et étudié par M. Kurt Noack (¹). J'ajouterai que j'ai réussi à transformer, par oxydation, ce pigment légèrement jaunâtre en un autre pigment rouge violacé, en me servant de la méthode qu'a employé M. A. Kozlowski pour oxyder un chromogène incolore de Betterave blanche à sucre, en le transformant en un pigment rouge violet.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La greffe Soleil-Topinambour.* Note de M. H. Colin, présentée par M. Gaston Bonnier.

On sait combien il est facile de greffer le Soleil annuel sur le Topinambour et vice versa. Ces deux plantes cependant diffèrent profondément par leur composition chimique; le suc est *dextrogyre* tout le long de la tige et

(¹) Kurt Noack, *Untersuchungen über den Anthocyanstoffwechsel, auf Grund der chemischen Eigenschaften der Anthocyangruppe* (*Zeitschrift f. Botanik*, 1918).

de la racine de l'*Helianthus annuus*, il est fortement *lévogyre* dans la tige, la racine et les tubercules de l'*Helianthus tuberosus*. Cette divergence tient à la nature des hydrates de carbone en solution dans le suc; le Soleil ne renferme que du saccharose et des sucres réducteurs, du glucose principalement; l'inuline et ses satellites prédominent dans le Topinambour.

La greffe a-t-elle pour effet d'atténuer ces caractères? Greffé en Topinambour, le Soleil annuel voudra-t-il tolérer les hydrocarbones lévogyres de son associé? Par ailleurs, le Topinambour greffé en Soleil et privé de son appareil assimilateur pourra-t-il encore emmagasiner de l'inuline dans ses tubercules?

Dès 1894 Wöchting (¹) affirmait, sur la foi de recherches microchimiques, que quel que soit le sens de la greffe, on ne trouve jamais d'inuline dans le symbiote Soleil.

Plus récemment j'ai démontré par des analyses rigoureuses que, même au voisinage immédiat du bourrelet, le suc est invariablement dextrogyre dans le symbiote Soleil et lévogyre dans le symbiote Topinambour.

A l'intérieur du bourrelet, la discontinuité persiste; le segment de la tige de Topinambour inclus dans le Soleil renferme le même mélange d'hydrocarbones qu'une tige normale; le pouvoir rotatoire direct de ce mélange est voisin de − 20; au contraire, les tissus du Soleil renflés en bourrelet contiennent seulement du saccharose et du sucre réducteur dont l'ensemble est dextrogyre.

Ces faits sont indépendants de toute théorie sur la greffe; ils démontrent qu'en passant d'un symbiote à l'autre, les hydrates de carbone subissent diverses transformations en conformité avec la physiologie propre de chaque symbiote; *le saccharose et le sucre réducteur du greffon Soleil peuvent ainsi servir de matière première à l'inuline de la tige et des tubercules du sujet Topinambour.*

M. L. Daniel se déclare dans l'impossibilité d'admettre cette dernière conclusion « Sans nier, dit-il, d'une façon absolue, la transformation du glucose du Soleil en inuline chez le Topinambour, il me semble que, si elle existe, elle est d'ordre infinitésimal. Les réserves proviennent surtout de l'hypobiote lui-même (²)..... ». D'où viendrait alors l'inuline du Topinambour greffé? Elle ne peut avoir, dit l'auteur, que deux origines: « 1° elle dérive en entier des produits lévogyres fabriqués par la chlorophylle du

(¹) Wöchting, *Königl. preuss. Akad. der Wissensch.*, 7 juin 1894.

(²) L. Daniel, *Bulletin des Recherches et Inventions*, n° 22, août 1921, p. 475.

sujet; 2° ou bien elle provient en partie seulement de ces sources et, pour l'autre partie, du déplacement des réserves du tubercule primitif ([1])».

Dans mes expériences antérieures ([2]), les Topinambours furent greffés, à $0^m,80$ du sol, vers la fin de juin; je me proposais uniquement alors de déterminer le signe optique du suc dans la tige des symbiotes, de part et d'autre du bourrelet. Il me semblait impossible de mettre en doute le passage des hydrates de carbone d'un symbiote à l'autre; je ne pensais pas davantage qu'on pût exagérer le rôle de l'écorce des sujets au point de lui attribuer l'élaboration de l'inuline mise en réserve.

Cette année, j'ai greffé de très bonne heure et au ras du sol; j'ai supprimé sur les sujets feuilles et bourgeons; dépourvu de son appareil assimilateur, l'hypobiote Topinambour se trouvait donc sous la dépendance exclusive de l'épibiote Soleil. De plus, pour réduire l'apport du tubercule-mère, j'ai mis en terre de simples fragments de tubercules possédant un bourgeon vigoureux.

Tous les Topinambours ainsi préparés et greffés ont donné des tubercules remplis d'inuline.

D'où peut venir, dans ces conditions, la réserve hydrocarbonée du sujet, sinon de l'épibiote, seul en état d'assimiler?

Il n'y a pas lieu de s'étonner que les sucres dextrogyres du Soleil se condensent dans le Topinambour à l'état d'inuline. Contrairement à ce que s'imagine M. L. Daniel, la chlorophylle de l'*Helianthus tuberosus* ne fabrique pas de principes lévogyres; l'inuline est absente des cellules vertes. La feuille du Topinambour est l'une des plus riches qui soit en amidon; elle renferme, en outre, un mélange *dextrogyre* de saccharose et de sucres réducteurs ([3]); à cet égard, aucune autre feuille ne ressemble davantage à la feuille de Pomme de terre; c'est pourquoi les anciens botanistes répétaient comme un axiome que le même amidon, élaboré par les feuilles, puis solubilisé et transporté, devient amidon dans les tubercules de Pomme de terre et inuline dans la tige et les tubercules de Topinambour.

([1]) L. Daniel, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 612.
([2]) H. Colin et Y. Trouard-Riolle, *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 857.
([3]) H. Colin, *L'inuline chez les végétaux* (*Rev. Gén. Bot.*, t. 31, 1919).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Formation du pigment rouge de* Beta vulgaris *par oxydation des chromogènes.* Note de M. **Antoine Kozlowski**, présentée par M. Gaston Bonnier.

De nombreux travaux ont déjà été exécutés sur les anthocyanes des plantes, et bien des hypothèses ont été faites relativement aux processus chimiques qui leur donnent naissance. Des suppositions absolument contradictoires ont été émises à ce sujet; certains chercheurs ont supposé que la formation de l'anthocyane était due à des oxydations. D'autres, au contraire, ont conclu de leurs recherches, qu'elle correspondait à des phénomènes de réduction. Je présente, dans cette Note, le résultat des recherches que j'ai faites récemment sur les « Betteraves blanches à sucre » et le *Beta maritima*.

Voici la méthode que j'ai employée pour isoler les chromogènes de Betterave blanche à sucre, et le mode d'opérer est le même pour obtenir le pigment de Betterave rouge.

Les racines, coupées en petits fragments, sont traitées par l'alcool à 95° bouillant. Après refroidissement, on laisse macérer pendant 24 heures à l'obscurité; on filtre et l'on agite avec de l'éther; on obtient, au fond du vase, un liquide sirupeux qui contient les chromogènes; on rejette la partie supérieure du liquide, puis on traite le reste par l'alcool à 95°; on décante, et la substance restant au fond du vase est traitée par une petite quantité d'acide acétique; ensuite, on reprécipite de nouveau les chromogènes par l'éther et on les traite par une solution d'acétate neutre de plomb. On redissout par l'aide acétique; on filtre, et c'est dans la liqueur filtrée que se trouvent les sels formés pour la combinaison du plomb avec les chromogènes; on précipite encore une fois par l'éther et l'on sépare le plomb par l'acide sulfhydrique. On évapore le filtrat dans le vide; on lave le résidu contenant les chromogènes par l'alcool et l'éther; on obtient ainsi finalement les chromogènes isolés sous forme d'une substance jaunâtre, amorphe.

Les chromogènes de *Beta maritima* sont obtenus d'une façon à peu près semblable; seulement, au début, on emploie l'alcool à 95° et à froid. Ici, le filtrat traité par l'éther donne une substance blanche cristallisée en aiguilles. On évapore l'éther et l'alcool par distillation dans le vide; la solution qui reste, contenant une certaine proportion d'eau, est agitée avec de l'éther; on obtient alors une autre substance blanche cristallisée en forme de tablettes plus ou moins triangulaires.

Les chromogènes extraits de la Betterave blanche à sucre et de la Betterave maritime ressemblent, par certains de leurs caractères physico-chimiques, aux saponines. Ils ont un goût amer de savon; dissous dans l'eau pure ou un peu acidifiée, ils donnent une mousse très abondante et longtemps persistante; ils décolorent très vite les globules rouges du sang, mais ils ne les dissolvent pas complètement; avec l'acide sulfurique, ils donnent successivement des colorations jaune, rose, rouge et finalement violette avec un précipité violet foncé.

Ces chromogènes ne réduisent la liqueur de Fehling qu'après l'action hydrolysante à 120° d'acide sulfurique à 3 pour 100. Ils sont insolubles dans l'alcool et l'éther; de plus, les chromogènes de Betterave maritime sont difficilement solubles dans l'eau.

En produisant une réduction des chromogènes au moyen de zinc et d'acide chlorhydrique ou d'amalgame de sodium, on obtient une coloration jaunâtre. Au contraire, si l'on produit une oxydation, avec de l'acide sulfurique à 65 pour 100 et du bioxyde de manganèse en petite quantité, comme catalyseur, à une température de 40°, on obtient successivement les colorations jaune, brunâtre, rose, rouge et enfin pourpre et violette. Si cette oxydation a été effectuée avant que la substance n'ait été soumise à l'hydrolyse, le liquide coloré est trouble à cause d'un précipité floconneux; au contraire, si l'on a préalablement produit une hydrolyse et purifié cette substance, le liquide coloré est très transparent.

Les chromogènes, chauffés doucement avec de l'acide chlorhydrique à 17 pour 100 et de l'alcool amylique, donnent une substance jaune qui passe dans la couche amylique.

Si cette dernière, bien lavée et bien filtrée, est soumise à une oxydation, elle devient rouge, pourpre foncé et enfin violette. Le liquide obtenu est transparent et d'une coloration persistante. Si, au contraire, on produit une réduction de la substance jaune dissoute dans l'alcool amylique, on obtient une coloration jaunâtre.

Le pigment coloré obtenu par oxydation, chez les Betteraves blanches, présente les mêmes caractères spectroscopiques que le pigment rouge extrait des variétés rouges de Betterave. Comme les pigments naturels des Betteraves rouges, ils deviennent violets sous l'action des acides et jaunes sous celle des alcalis, et ces pigments devenus jaunes reprennent la teinte violette sous l'action des acides.

En résumé, c'est par oxydation et non par réduction que j'obtiens la transformation en pigment rouge de diverses substances incolores des

Betteraves. La similitude complète des propriétés spectroscopiques de mes produits et des pigments naturels de Betterave rouge parle en faveur de l'hypothèse que, dans la nature, la transformation des substances blanches en anthocyanes est due à la même succession de phénomènes chimiques que dans ces expériences.

Les chromogènes de Betteraves blanches que j'ai étudiées ont des propriétés qui les rapprochent beaucoup des Saponines.

CYTOLOGIE. — *Sur la formation des grains d'aleurone dans l'albumen du Ricin.* Note (¹) de M. **Pierre Dangeard** fils, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Dans une Note récente, nous avons exposé comment se comportaient les grains d'aleurone d'une graine de Pin maritime pendant la germination (²). Ceux-ci sont l'origine directe des vacuoles de la plantule et ils s'hydratent et se fusionnent auparavant ensemble en un réseau unique très finement ramifié. Il était d'un grand intérêt, au point de vue de la vie cellulaire, de savoir quelle était la contre-partie de cette évolution, c'est-à-dire de connaître l'origine des grains d'aleurone au cours de la maturation de la graine.

Actuellement, des idées assez diverses règnent en ce qui concerne la nature et l'origine de ces organites : les uns y voient des précipités albuminoïdes spéciaux, déposés dans des vacuoles, les autres (³) les considèrent comme formés par des plastides particuliers, ou protéo-plastides qui, au cours de la maturation des graines, s'accroissent, se vacuolisent et accumulent des albumines dissoutes. En réalité, comme nous allons le voir, leur mode de formation les rattache étroitement à l'appareil vacuolaire qui passe, avant leur formation, par des états tout à fait comparables à ceux que nous avons observés pendant la germination. En particulier, nous avons retrouvé pendant le développement de l'albumen du Ricin des stades réticulés du vacuome précédant la formation des grains d'aleurone.

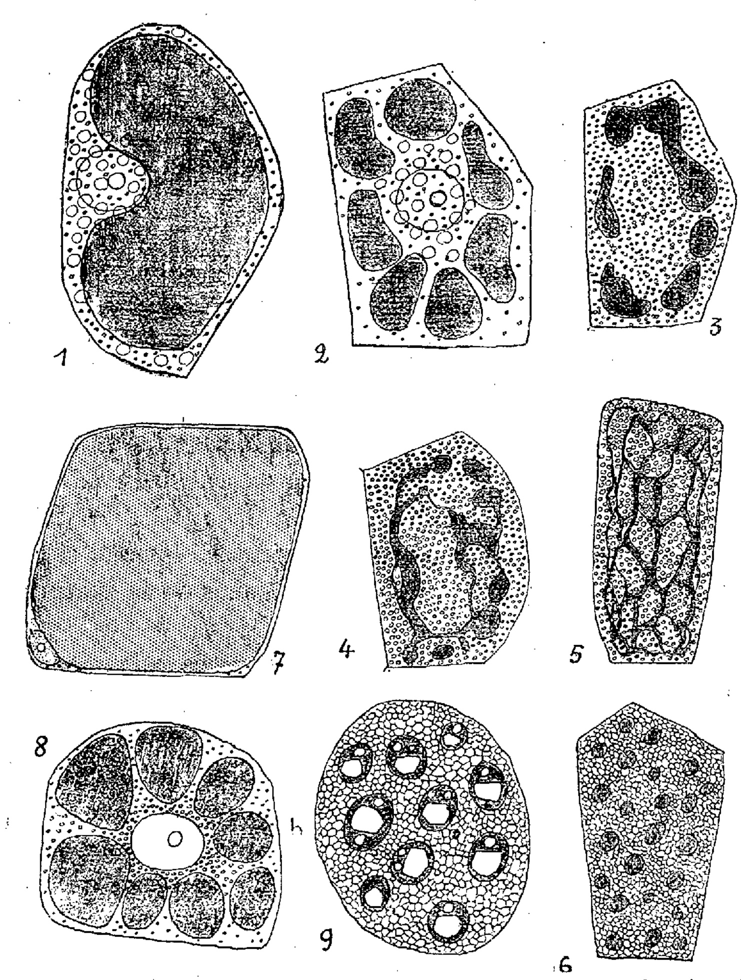
Dans l'albumen jeune, les cellules sont très riches en eau et contiennent chacune une très grosse vacuole. Au cours de la maturation, la vacuole unique diminue de volume en même temps que le suc cellulaire se concentre; puis la vacuole se morcèle

(¹) Séance du 2 novembre 1921.

(²) Pierre Dangeard, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 995, et *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 1921.

(³) Voir Chodat, *Traité de Botanique*, 1921.

par étranglement en vacuoles plus petites. Pendant cette phase de fragmentation qui se produit avec des caractères un peu différents suivant les cellules, on observe fré-



Formation des grains d'aleurone chez le Ricin; observations après coloration vitale; les vacuoles sont métachromatiques.

Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, cellules de la couche externe de l'albumen. — Fig. 7, 8, 9, cellules du parenchyme de l'albumen: 1, cellule à grosse vacuole unique (on voit le début de la formation de l'huile); 2, vacuole fragmentée (l'huile est plus abondante); 3, cellule dont les vacuoles ont un contenu épais de nature colloïdale (l'huile est abondante); 4 et 5, cellules dont les vacuoles ont acquis une consistance semi-fluide et se sont anastomosées en réseaux (le cytoplasme est très riche en gouttelettes d'huile); 6, grains d'aleurone formés dans une graine un peu avant sa maturité; 7, cellule à grosse vacuole très aqueuse; 9, cellule d'albumen mûr montrant des grains d'aleurone et de l'huile; 8, état intermédiaire.

quemment dans la couche externe de l'albumen des formes du système vacuolaire très irrégulières, et des réseaux dont l'aspect varie sous l'influence des mouvements

du cytoplasme (*fig.* 4 et 5). Les globules d'huile, qui n'existaient pas au début, se forment et deviennent de plus en plus nombreux : ils restreignent d'autant la place occupée par le vacuome qui s'amincit ou se dilate par endroits suivant l'état de la cellule. Cette fragmentation qui se produit d'une façon passive et très irrégulièrement, aboutit finalement à la constitution, à l'intérieur de la cellule d'albumen, de vésicules assez régulièrement ovales et de tailles diverses dont le contenu est très épais et se colore, dans son ensemble, par le rouge neutre (*fig.* 6). Puis apparaissent dans les vacuoles des inclusions et, dans le cas général, un cristalloïde et un ou deux globoïdes. Ces inclusions ne se colorent pas par le rouge neutre qui n'est fixé que par la substance fondamentale protéique du grain (*fig.* 9). Ainsi se sont constitués les grains d'aleurone de la graine mûre qui proviennent donc de la fragmentation d'une vacuole primitivement unique, qui donne autant de grains d'aleurone dans la graine complètement formée qu'il s'est produit de vacuoles filles.

La formation des grains d'aleurone n'est donc qu'un cas particulier d'un phénomène plus général, l'évolution du système vacuolaire mis en lumière par M. P.-A. Dangeard.

Ce système peut s'hydrater ou se déshydrater, accumuler ou perdre des substances. Lorsque l'accumulation se fait en même temps que la déshydratation, on aboutit à la formation de grains d'aleurone plus ou moins volumineux ; si la quantité de métachromatine est moindre, il se forme des filaments ou de petites granulations qu'il devient difficile de distinguer dans les méristèmes des autres grains qui appartiennent soit au plastidome, soit au sphérome. Ces corps ont la même origine et se rattachent au même système : ils renferment de la métachromatine, substance qui leur donne leurs propriétés osmotiques, électives et chromatiques.

Nous insistons aussi sur le fait remarquable, qu'il y a réversibilité dans l'évolution des vacuoles et qu'il devient de plus en plus improbable, après les faits que nous apportons, que des vacuoles puissent apparaître « de novo » dans le cytoplasme. Le système vacuolaire se présente donc, après nos recherches avec une autonomie évidente.

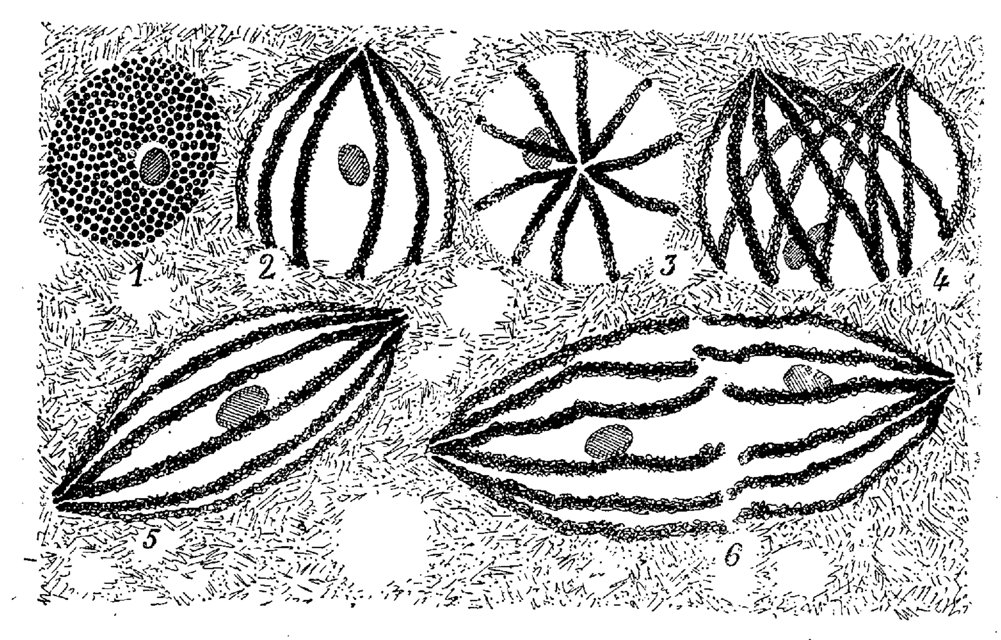
CYTOLOGIE. — *Sur un mécanisme cinétique nouveau : La mitose syndinienne chez les Peridiniens parasites plasmodiaux.* Note [1] de M. **Edouard Chatton.**

La structure du noyau des Péridiniens libres et son mode de division ont été étudiés par Lauterborn (1895), Jollos (1910) et Borgert (1910). Au

[1] Séance du 2 novembre 1921.

repos le noyau est constitué par une masse de microsomes soutenus par une trame réticulaire, qui supporte aussi un ou plusieurs nucléoles. Pour la division, ces microsomes s'agencent en files ou se soudent en filaments qui constituent de véritables chromosomes. Très nombreux, ceux-ci sont disposés parallèlement en une large plaque.

Lauterborn, chez *Ceratium hirundinella*, les voit simplement se scinder transversalement en leur milieu. Borgert, chez les *Ceratium* marins, observe d'abord un clivage longitudinal des filaments, puis leur scission transver-



Phases de la mitose syndinienne. Figures demi-schématiques où trois anses chromatiques seulement sur cinq ont été représentées: 1, noyau au repos d'un plasmode dont le développement est inhibé; 2, demi-fuseau vu de profil; 3, demi-fuseau vu par son pôle; 4, séparation des deux demi-fuseaux résultant du clivage des chromosomes; 5, fuseau formé par les deux demi-fuseaux après rotation; 6, section équatoriale des anses du fuseau.

sale. Dans l'un et l'autre cas les plaques filles sont constituées par des moitiés transversales de chromosomes. Et la signification du clivage longitudinal vu par Borgert reste ainsi tout à fait énigmatique. Il ne correspondrait en rien au clivage longitudinal des chromosomes dans la métamitose, qui a pour effet la répartition entre les noyaux fils de moitiés longitudinales admises comme rigoureusement équivalentes.

Le grand nombre des chromosomes et leur tassement dans le noyau de la plupart des péridiniens, et en particulier des *Ceratium*, ne permet guère

d'analyser exactement leur structure et leur jeu dans la division. Cette étude est plus aisée chez les *Syndinium*, péridiniens plasmodiaux parasites cœlomiques des copépodes pélagiques.

Là aussi, le noyau au repos est constitué, comme chez tous les dinoflagellés, par un agrégat de micromètres, uniformément distribués autour d'un gros nucléole central. Mais cet état ne s'observe que rarement et seulement dans les plasmodes dont le développement est inhibé pour une cause quelconque, la concurrence d'un autre parasite cœlomique (microsporidie) par exemple.

A la division, les micromères s'agencent et se fusionnent d'une manière absolument constante en dix filaments qui divergent à partir d'un pôle, formant une sorte de figure en parasol, ou demi-fuseau. Dans ma monographie des péridiniens parasites (1919) j'ai considéré chacun de ces filaments comme un chromosome. C'est aussi 10 chromosomes que M. W. Huth a comptés dans les noyaux des tubes parasites des radiolaires [1].

Une étude approfondie des noyaux des *Syndinium* des copépodes m'a convaincu que chacun de ces filaments n'est qu'un demi-chromosome. Quand on examine avec attention le pôle du demi-fuseau, on voit que celui-ci n'est pas en réalité unique, mais formé de cinq sommets d'angles dont les côtés sont chacun l'un des dix filaments chromatiques. Il y a ainsi, en réalité, 5 chromosomes très longs, pliés en V très aigu, et dont le sommet est au pôle de la mitose.

A la division ces chromosomes se clivent longitudinalement sur toute leur longueur, formant 10 chromosomes en V. Tandis que 5 d'entre eux restent groupés autour du pôle primitif, les 5 autres se groupent autour d'un autre pôle, d'abord très peu distant de celui-ci, mais qui s'en écarte progressivement.

Ainsi un nouveau groupe de 5 chromosomes en parasol ou demi-fuseau, se dégage progressivement du groupe primitif. Dans certains *Syndinium*, les chromosomes clivés restent adhérents entre eux par leurs extrémités libres, autour desquelles les deux moitiés basculent, comme autour d'une charnière, et finissent par se mettre en opposition. Elles forment alors un fuseau bipolaire complet, à dix filaments chromatiques agencés en cinq losanges qui se coupent en leur milieu. Mais chez d'autres espèces le clivage est complet et les deux groupes en parasol se séparent d'emblée.

---

[1] Ces tubes vus par Brandt (1905), Borgert (1909), W. Huth (1913), ont été donnés par ces auteurs comme représentant la gamétogénèse du radiolaire (*Thalassicolla*). J'ai dit ici même (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 413) les raisons pour lesquelles je les considère comme des formations parasitaires de nature syndinienne

Ici, contrairement à ce qui a été vu par Borgert chez les *Ceratium* marins, ce sont bien les deux demi-chromosomes longitudinaux qui sont répartis entre les deux noyaux fils. Le clivage transversal n'est qu'une apparence; c'est l'achèvement du clivage longitudinal resté incomplet.

Le processus cinétique recommence à partir de ces demi-fuseaux suivant le même mécanisme et sans remaniements intercinétiques.

Il n'y a dans cette mitose, ni centres définis, ni figure achromatique. On voit à l'angle apical de chaque chromosome un point plus colorable, qui, en se confondant avec les voisins, peut donner l'illusion d'un centriole ou d'un diplosome. Mais il n'en existe pas moins un centre d'attraction commun, non figuré, et susceptible de se dédoubler.

Sans centres figurés, et sans spectre achromatique, la mitose des syndinides est plus simple que la mitose des métazoaires et des métaphytes. Elle ne le cède cependant en rien à celle-ci quant à la précision du mécanisme essentiel de la division nucléaire : la répartition égale de la chromatine.

Il est intéressant de constater, du point de vue de l'évolution de la structure et de la division nucléaire, que ce mécanisme est déjà réalisé chez des êtres aussi archaïques que les Péridiniens, et qu'il l'est indépendamment des formations achromatiques, qui apparaissent ainsi comme surajoutées.

Le schéma théoriquement imaginé par Rabl (1889), pour expliquer le jeu des chromosomes dans la prophase de la métamitose, se trouve être une excellente représentation d'un phénomène intermédiaire entre la mitose syndinienne et la métamitose.

La prophase syndinienne est en effet une prophase de Rabl dans laquelle les anses chromatiques convergent d'une manière immédiate, et sans interposition de fibres achromatiques.

Il me paraît probable qu'une étude nouvelle de la mitose des Péridiniens libres amènera à en sérier les stades autrement que ne l'a fait Borgert, et montrera qu'elle ne diffère point fondamentalement de celle des syndinides.

PALÉO-ANTHROPOLOGIE. — *Procédé pour la détermination des minéraux constituant les haches préhistoriques métalliques : emploi de l'analyse spectrale.* Note de M. **Marcel Baudouin**, présentée par M. Charles Richet.

Sur les conseils d'une personnalité scientifique qui veut bien s'intéresser à mes recherches, j'ai appliqué aux haches plates métalliques, qu'on dit être en bronze ou en cuivre préhistorique, la méthode de l'*analyse spectrale*,

pour être fixé sur la composition chimique qualitative de ces pièces anciennes.

Autrement dit, j'ai recherché de cette façon la présence ou l'absence du métal *étain* dans ces objets.

Deux analyses de cette sorte ont été pratiquées sur de la limaille obtenue par limage de deux haches originaires de la Vendée. C'est la première fois que cette méthode est utilisée en préhistoire.

Or la hache que j'ai recueillie à Notre-Dame-de-Riez et dont j'ai publié jadis la description ([1]) a donné par ce procédé : du cuivre, du fer et du zinc; mais *aucune trace d'étain.*

Elle est donc du type dit « hache en cuivre naturel » et classable à l'âge du cuivre.

Une petite hachette trouvée en Vendée et que j'ai décrite ultérieurement ([2]) a donné, au contraire, du *cuivre* et de l'*étain*.

Provisoirement, elle doit donc être classée parmi les haches en bronze, c'est-à-dire au premier âge du bronze ([3]). Mais une analyse chimique *quantitative* s'impose.

Certes, cette méthode ne permet pas d'estimer le pourcentage du minerai accessoire (étain) ou des minerais associés (zinc, etc.); et il est impossible de savoir, de par le spectre, s'il s'agit de bronze *pauvre* (2 à 8 pour 100 d'étain) ou de bronze *vrai* (10 à 10 pour 100 d'étain).

Mais cependant, elle dispensera de faire faire les analyses chimiques quantitatives de toutes les haches où l'absence de l'étain aura été constatée, quand on n'aura pour but que le classement de ces pièces, aux âges du cuivre ou du bronze. Elle aura, en outre, l'avantage d'empêcher la mutilation de nombreux spécimens de nos musées, c'est-à-dire leur altération par la prise métallique nécessaire jusqu'à ces temps derniers.

([1]) MARCEL BAUDOUIN, *Les Haches plates de Vendée*. Paris, 1911, in-8°, p. 57. (Hache n° 38. *Sa densité* est de 8,57. Or, 8,57 indiquait nettement le cuivre et non le bronze.)

([2]) MARCEL BAUDOUIN, *Bull. Soc. préh. franç.*, 1918, t. 15, n° 2, 2 février, p. 171.

([3]) Hache n° 45, du poids de 69g. La densité étant de 8,60, il est probable que cette pièce est en bronze *très pauvre*, c'est-à-dire en réalité en *cuivre* avec un peu d'étain *naturel* associé, et partant de l'âge du cuivre, comme la première.

PHYSIOLOGIE. — *Le rôle des otolithes dans les mouvements spontanés des animaux pendant le saut et la chute.* Note de M. **F.-H. Quix**, présentée par M. Charles Richet.

J'ai réussi à éclaircir l'action des otolithes dans les réflexes ayant leur origine dans l'oreille interne.

Connaissant par des recherches anatomiques la situation topographique des otolithes dans le crâne, j'ai admis l'hypothèse, d'ailleurs très rationnelle, que chaque otolithe agit par son poids sur les cellules ciliaires de la macula.

L'excitation atteint son maximum quand la pression du poids est la plus grande et elle est zéro quand les otolithes cessent de peser sur les cellules.

En examinant, d'une part comment varie la pression exercée par chaque otolithe quand la tête tourne autour des différents axes, d'autre part les mouvements réflexes qui accompagnent cette rotation, on met en évidence la fonction de chaque otolithe.

L'appareil otolithique fonctionne dans deux plans perpendiculaires entre eux, le plan vertical médian pour les rotations autour de l'axe bitemporal et le plan frontal pour la rotation autour de l'axe oro-caudal.

Les otolithes de l'utricule des deux côtés, ou *lapilli*, fonctionnent dans le plan vertical médian comme des synergistes. La pression des otolithes sur les cellules effectue la flexion des membres, du cou et du tronc, et fait monter le pôle supérieur des yeux dans le plan médian; la disparition du poids des lapilli sur les cellules fait apparaître une forte extension des parties énumérées et abaisse les yeux dans le plan médian. Les otolithes des sacculi, ou *sagittæ*, agissent dans le plan frontal en deux sens antagonistes et font tourner le corps et les yeux dans le plan frontal (rotation des yeux autour de l'axe oro-caudal, rotation du cou et du tronc, abduction et adduction des membres). Les lapilli exercent une grande influence dans la production des mouvements automatiques accompagnant le saut et la chute libre.

Pendant le saut, le poids des otolithes change de la même manière que pendant les rotations de la tête. Quand la tête se déplace dans une direction opposée à celle de la gravitation, et c'est le cas dans la première partie d'un saut, quand le corps monte, l'augmentation du poids des lapilli exerce une forte flexion telle qu'elle est décrite plus haut. Par les réflexes des yeux

l'animal maintient l'orientation optique dans l'espace et par ceux des membres il franchit facilement un obstacle.

Dans la seconde partie du saut, quand l'animal descend, la tête se déplace dans la direction de la gravitation, le poids des otolithes disparaît, ce qui détermine une forte extension des membres et du corps et un déplacement des yeux vers le bas.

Les mouvements des yeux sont utiles pour l'orientation, et l'extension des pieds, du cou et du tronc protège le corps et l'empêche de se heurter au sol.

Les photographies instantanées des chevaux dépassant un obstacle montrent très nettement ces réflexes.

Le même réflexe des lapilli se montre encore d'une manière plus claire et plus élégante chez le chat pendant la chute libre.

Pendant la chute libre le poids des otolithes disparaît, et cela indépendamment de la situation de la tête de l'animal dans l'espace. Cette disparition entraîne une très forte extension des muscles des pattes, du cou et du tronc, et fait courber le corps de l'animal, de sorte que le centre de gravité est déplacé vers le ventre.

A cause de ce déplacement la bête chavire dans l'air, toujours dans une direction telle que le ventre et les pattes soient dirigés en bas et que l'animal arrive au sol sur les pattes en forte extension.

Le changement concomitant du poids des deux sagittæ pendant le saut et la chute n'a pas de conséquence, parce que ces deux otolithes sont des antagonistes l'une de l'autre, de sorte que l'influence d'une sagitta sur les muscles situés d'un côté quelconque est annulée par l'action de l'autre sagitta sur les mêmes muscles.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Une nouvelle substance antianaphylactisante formaldéhyde-sulfoxylate de sodium.* Note de MM. **P. Brodin** et **P. Huchet**, présentée par M. Charles Richet.

Depuis que l'un de nous a attiré l'attention sur la possibilité d'atténuer le choc anaphylactique par l'adjonction à l'injection déchaînante d'une solution de chlorure de sodium [1], deux autres produits ont été proposés comme antianaphylactisants : l'hyposulfite de soude par MM. Lumière et

[1] Ch. Richet, P. Brodin et F. Saint-Girons, *De l'action immunisante du chlorure de sodium contre l'injection anaphylactique déchaînante* (thérapeutique métatrophique) (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 9).

Chevrotier (1); le carbonate de soude, par MM. Sicard et Paraf (2). A ces diverses substances, nous ajoutons le formaldéhyde-sulfoxylate de sodium.

Ce produit, obtenu par la combinaison de la formaldéhyde et de l'hydrosulfite de sodium a pour formule

$$CH^2OH - SO^2Na.$$

Il est stable, aisément soluble dans l'eau, à réaction neutre ou faiblement alcaline, peu toxique : nous avons pu l'injecter à des chiens et à des lapins à la dose de 1^g par kilo, sans provoquer aucun accident.

Le formaldéhyde-sulfoxylate de sodium est un des constituants du novarsénobenzol (914) qui diffère de l'arsénobenzol (606) par substitution à un de ses groupements aminés du radical CH^2OSONa.

Or, dans les essais de précipitation des sérums sanguins *in vitro*, la vitesse et l'intensité de la précipitation sont plus grandes avec l'arsénobenzol qu'avec le novarsénobenzol. De même qu'en injection intraveineuse l'arsénobenzol est plus toxique que le novarsénobenzol.

Nos essais ont été effectués chez le cobaye et chez le chien.

Tous nos animaux ont été sensibilisés avec du sérum de cheval frais, non chauffé, dépourvu de tout antiseptique, que M. Roussel (hémostyl Roussel) a mis obligeamment à notre disposition. Les cobayes ont été sensibilisés par voie intrapéritonéale; les chiens, par voie intraveineuse; l'injection déchaînante a été pratiquée directement dans le cœur chez le cobaye; dans la saphène, chez le chien, un mois environ après l'injection préparante.

Tous nos cobayes, au nombre de 22, étaient des mâles, ou des femelles non fécondées.

4 d'entre eux, pris comme témoins, ont reçu une injection déchaînante intracardiaque de 1^{cm^3} de sérum de cheval pur; ils sont morts en 3 à 4 minutes, après avoir présenté les accidents typiques du choc anaphylactique : hoquet, émission d'urines et de matières, convulsions.

4 autres ont reçu 1^{cm^3} de sérum de cheval additionné de 5 pour 100 de formaldéhyde : 2 n'ont eu aucun accident; 1 a présenté du prurit et un peu de dépression; 1 est mort au bout d'une demi-heure.

3 autres ont reçu 1^{cm^3} de sérum de cheval additionné de 15 pour 100 de formaldéhyde : 2 ont eu des accidents extrêmement légers; 1 est mort.

11 autres ont reçu 1^{cm^3} de sérum additionné de 25 pour 100 de formaldéhyde : 10 n'ont eu aucun accident; 1 est mort.

Il semble donc que, pour obtenir une protection certaine, il faille employer des concentrations assez fortes. La désensibilisation par choc atténué a bien dû se produire chez les animaux n'ayant présenté aucun accident, car l'un d'eux a pu, une

(1) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 741.

(2) *Société médicale des Hôpitaux*, 14 janvier 1921, p. 11, et 28 janvier 1921, p. 60.

demi-heure après, supporter sans la moindre réaction une nouvelle injection intracardiaque de 1^{cm^3} de sérum de cheval pur.

Sur nos 6 chiens, pesant de 15^{kg} à 20^{kg}, 2 ont servi de témoins et ont reçu 40^{cm^3} de sérum de cheval pur. Ils ont présenté les accidents habituels et sont morts : l'un au bout de 2 heures, l'autre en 12 heures.

Les 4 autres ont reçu la même dose de sérum de cheval, soit 40^{cm^3}, mais additionnés de 10^{g} de formaldéhyde : 3 n'ont eu aucun accident immédiat, mais seulement des vomissements passagers, 10 minutes environ après l'injection; le quatrième a présenté des selles pâteuses, mais non sanglantes, avec un certain degré d'abrutissement, mais il s'est remis ultérieurement.

Chez l'un d'eux nous avons examiné le sang prélevé au niveau de la carotide, avant et après le choc anaphylactique, et nous avons obtenu les résultats suivants :

	Globules		Poly-nucléaires pour 100.	Mono-nucléaires pour 100.	Coagulation.
	rouges.	blancs.			
Avant le choc.....	6930000	46200	85	15	normale
Après le choc.....	5850000	1800	0	100	nulle

Ces examens de sang montrent que l'emploi de la formaldéhyde, tout en atténuant considérablement les accidents nerveux provoqués par le choc, n'empêche pas cependant la production de la plupart des réactions sanguines caractéristiques de ce choc, c'est-à-dire : la chute de pression, l'incoagulabilité du sang, la leucopénie, et l'inversion de la formule leucocytaire.

Une réaction sanguine manque toutefois : la *concentration*.

Ainsi que l'un de nous l'a signalé ([1]), le choc anaphylactique, en effet, s'accompagne toujours d'une concentration sanguine que l'on peut facilement mettre en évidence, soit en mesurant le rapport du plasma aux globules, soit en numérant les globules rouges par millimètre cube avant et après le choc. C'est à elle que doit être rattachée, selon toute vraisemblance, l'augmentation de l'indice réfractométrique signalée par M. Widal. Or la numération des globules rouges nous a donné, après l'emploi de la formaldéhyde, non pas une concentration sanguine, mais une dilution; nous avions déjà fait la même constatation dans nos recherches sur le NaCl et avions admis qu'il devait y avoir une relation entre les accidents nerveux du choc et la concentration sanguine qui l'accompagne.

L'absence de données plus complètes sur la toxicité de la formaldéhyde ne nous permet pas encore de dire jusqu'à quel point elle peut être utilisée en thérapeutique humaine, mais son étude expérimentale constitue une nouvelle démonstration du fait qu'il semble exister un rapport entre la concentration sanguine et le choc anaphylactique.

([1]) Ch. Richet, P. Brodin et F. Saint-Girons, *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 369.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les variations d'énergie du* Clostridium Pastorianum *comme fixateur d'azote*. Note de MM. **G. Truffaut** et **N. Bezssonnof**, présentée par M. L. Maquenne.

Dans une précédente Communication (¹) nous avons montré que deux chauffages d'une terre à 100° pendant 20 minutes, répétés à 24 heures d'intervalle, diminuent le nombre des germes actifs du *Clostridium Pastorianum*. Nous avons en outre constaté que dans les tubes d'agar glucosé, ensemencés par des dilutions de terre chauffée à 100°, la fermentation butyrique est infiniment plus énergique que celle des tubes ensemencés par des dilutions de terre chauffée à 75°.

Il nous a paru intéressant de mesurer la capacité de fixation d'azote des cultures ainsi obtenues. Dans ce but nous avons ensemencé une série de fioles de bouillon (²) par des cultures provenant de tubes chauffés deux fois pendant une demi-heure à 100° ou à 75°. Après 10 jours d'incubation à 35° on a trouvé, en milligrammes par litre de bouillon, les fixations d'azote suivantes :

Cultures chauffées à 100°	40^mg
Cultures chauffées à 75°	21^mg et 29^mg

L'activité du microbe apparaît presque double dans le premier cas que dans le second, et le même phénomène, c'est-à-dire une fixation plus intense d'azote, se reproduit, quand, au lieu de la chaleur, on emploie pour provoquer la stérilisation partielle un agent chimique tel qu'un mélange à base de sulfure de calcium (*Sulgine* Truffaut).

Le nombre de germes introduits lors de l'ensemencement des tubes d'agar glucosé influence considérablement la fixation ultérieure d'azote dans les bouillons inoculés avec ces cultures et à ce sujet nos observations nous ont amenés à un résultat tout à fait imprévu : c'est qu'à une plus grande quantité de germes introduits par des ensemencements à faibles dilutions de terre correspond une diminution de la fixation d'azote, comme si cette terre renfermait un facteur nuisible à la fermentation butyrique, qui, présent dans les faibles dilutions, devient négligeable dans les grandes. Les expériences suivantes ne sauraient laisser aucun doute à ce sujet.

I. Deux pots furent remplis, l'un de 2^kg de terre normale, l'autre d'une égale quantité de la même terre, mélangée avec un produit stérilisant à base de sulfure de calcium (6^g,66 par kilogramme).

(¹) *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 1319.

(²) Peptone, 2^g,5; Liebig, 2^g; mannite, 10^g; sulfate de manganèse, 0^g,004 par litre.

Huit jours après le traitement, 10^g de chacune de ces terres furent dilués dans l'eau stérile au $\frac{1}{10\,000}$ et au $\frac{1}{100\,000}$ et deux tubes d'agar glucosé ensemencés par chaque dilution, suivant la technique déjà exposée. Après fermentation de ces tubes des fioles de bouillon (150^{cm^3}) furent ensemencées avec leur contenu et au bout de 22 jours, à 35°, les dosages d'azote ont montré qu'il s'y était produit, en milligrammes par litre, les fixations suivantes :

Terre témoin	dilution $\frac{1}{10\,000}$	62^{mg}
	dilution $\frac{1}{100\,000}$	61
Terre traitée	dilution $\frac{1}{10\,000}$	60
	dilution $\frac{1}{100\,000}$	113

Le bouillon ensemencé par une culture provenant d'une dilution 10 fois plus forte a ainsi fixé 53^{mg} d'azote de plus.

II. Cette nouvelle expérience a été entreprise en vue de savoir si l'intensification de la fixation d'azote que nous venons de constater se maintient dans les générations successives du microbe qui en est cause.

La première étant obtenue comme il vient d'être dit, la suivante a été réalisée par un second passage en tubes d'agar, puis en nouveau bouillon, de l'organisme développé dans la précédente. Les dosages d'azote ont alors accusé, par litre, les fixations suivantes :

		Premier passage.	Second passage.
Terre témoin	dilution $\frac{1}{10\,000}$	»	8^{mg}
	dilution $\frac{1}{100\,000}$	1^{mg}	24
Terre traitée	dilution $\frac{1}{10\,000}$	35	4
	dilution $\frac{1}{100\,000}$	60	25

L'organisme issu directement du premier passage en agar glucosé se montre, comme dans l'expérience I qui est ainsi vérifiée, particulièrement actif, mais cette propriété, comme on le voit, se perd dès la seconde culture : l'action stimulante de la stérilisation partielle ne s'exerce donc que sur la première génération du *Clostridium* extrait d'une terre traitée.

En ce qui concerne l'influence de la dilution, déjà au cours de l'incubation on pouvait observer une fermentation et un développement bien plus intense dans les bouillons ensemencés par les cultures provenant des dilutions de sol au $\frac{1}{1\,000\,000}$, par rapport à ceux qui avaient été ensemencés avec des dilutions dix fois moindres.

On pourrait supposer, pour expliquer les résultats précédents, que le développement du *Clostridium* est entravé dans le cas des faibles dilutions par les espèces anaérobies facultatives qui l'accompagnent; et, en effet, en

procédant à l'isolement du *Clostridium* dans les tubes qui servent à nos expériences, nous avons constaté que les cultures en profondeur et les chauffages répétés à 75° ne suffisent pas à le séparer de ses compagnons, non plus que d'autres bactéries. Cependant il nous semble que le développement du *Clostridium* est empêché, non pas seulement par la concurrence d'autres germes, mais aussi par un phénomène analogue à celui d'Hérelle.

Nous croyons donc pouvoir tirer de nos expériences les conclusions suivantes :

1° La stérilisation partielle du sol par le sulfure de calcium augmente, non seulement le nombre des *Clostridium Pastorianum*, mais aussi leur capacité de fixer l'azote. Cette action stimulante de la stérilisation partielle se perd après cultures répétées en agar glucosé.

2° Il existe dans le sol un facteur nuisible au développement du *Clostridium* dans ses cultures artificielles. L'influence de ce facteur devient insensible quand ces cultures sont ensemencées avec des dilutions approchant de $\frac{1}{100\,000}$.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Affinité neurotrope et purification du virus de la vaccine.* Note de MM. C. **Levaditi** et S. **Nicolau**, présentée par M. Roux.

Nous avons montré dans une Note présentée à la Société de Biologie [1] (16 juillet 1921) que le virus de la vaccine pouvait se cultiver dans le cerveau du lapin et qu'après plusieurs passages exclusivement cérébraux, il conservait intégralement ses propriétés pathogènes. Calmette et Guérin [2] ont été les premiers à constater que la vaccine inoculée dans l'encéphale du lapin, s'y conserve au moins quatre jours. A. Marie [3] a vu que la même inoculation intracérébrale de pulpe vaccinale provoque la mort de l'animal en 4 à 5 jours; il lui fut possible de réaliser plusieurs passages de cerveau à cerveau. Toutefois, le germe ainsi cultivé était incapable d'engendrer la vaccine cutanée chez le lapin [4]; il ne provoquait que la kératite, ce qui semblait montrer que le passage par le nevraxe modifiait l'affinité cutanée, tout en respectant l'affinité cornéenne.

Ayant repris ces recherches en collaboration avec M. Harvier, nous

(1) Levaditi, Harvier et Nicolau, *C. R. Soc. Biol.*, t. 85, 16 juillet 1921, p. 345.

(2) Calmette et Guérin, *Annales Institut Pasteur*, 1901, p. 161.

(3) A. Marie, *C. R. Soc. Biol.*, 17 avril 1920.

(4) Cette particularité nous a été communiquée par M. Marie.

avons constaté qu'il n'était pas très facile d'adapter au cerveau le virus de la vaccine, en inoculant par la voie cérébrale la pulpe vaccinale, telle qu'elle est préparée pour la vaccination humaine. Nous avons été obligés de pratiquer d'abord des inoculations testiculaires, d'après la méthode indiquée par Henseval (¹) d'abord, par Noguchi (²) ensuite, et qui fut aussi utilisée par Harde (³) pour la culture *in vitro* du virus au contact des éléments cellulaires. La vaccine, puisée le deuxième ou le troisième jour dans un testicule atteint d'orchite vaccinale (lapin) et inoculée dans le cerveau, se montra pathogène (mort de l'animal le quatrième ou le sixième jour). Nous avons réalisé ultérieurement deux passages exclusivement cérébraux et constaté que le germe ainsi cultivé dans le cerveau conservait toutes ses propriétés initiales; il engendrait chez le lapin, non seulement la kératite, mais aussi la plus belle éruption vaccinale cutanée (procédé Calmette et Guérin).

Est-il possible de cultiver indéfiniment la vaccine pure par des passages uniquement cérébraux? Au début, cette culture s'arrêtait au deuxième ou au troisième passage, et nous étions obligés alors de recourir aux inoculations testiculaires pour faire récupérer au virus son affinité cérébrale. Mais, dans la suite, nous avons réussi à adapter d'une façon définitive le germe au tissu nerveux et de pratiquer, en de longues séries, des passages de cerveau à cerveau, de la même manière que l'on entretient sur le lapin le virus rabique fixe.

Depuis le 6 mai 1921 [date à laquelle pour la seule et unique fois, nous nous somme servis de pulpe vaccinale (⁴) de veau], jusqu'à présent, le virus en notre possession a subi de très nombreux passages exclusivement cérébraux (plus de 50, en plusieurs séries parallèles).

Quelles sont actuellement les propriétés de ce virus vaccinal fixe? La vaccine cérébrale est absolument pure; les cultures faites sur tous les milieux restent stériles. Elle tue les lapins inoculés dans l'encéphale ($0^{cm^3},2$ d'émulsion cérébrale) en 4, 5 ou 6 jours (parfois en 24 heures) avec des symptômes de parésie; l'animal laisse tomber la tête, ses mouvements sont ralentis, il garde l'attitude qu'on lui donne. *Les propriétés kératogènes et vaccinogènes cutanées se sont conservées intactes; elles paraissent même exagérées.* En effet, à chaque passage cérébral, nous avons eu soin d'inoculer simultanément

(¹) Henseval, *Bulletin de l'Académie Royale de Médecine de Belgique*, séance du 24 septembre 1910.

(²) Noguchi, *Journ. of experim. Med.*, t. 21, 1915, p. 539.

(³) Harde, *Jubilé de Metchnikoff*, 1915, p. 107.

(⁴) Vaccine Fasquelle.

un autre animal à la cornée, à la peau et au testicule. Chaque fois les lésions oculaires, cutanées et testiculaires sont apparues avec une intensité remarquable. *La vaccine cérébrale est virulente lorsque le virus est inoculé au lapin par la voie intra-veineuse;* l'animal montre, au bout de 3 à 4 jours, une belle *vaccine généralisée*, sans qu'il soit nécessaire de raser la peau, comme le recommandent Calmette et Guérin; l'épilage simple suffit, sans qu'il soit d'ailleurs indispensable. Cette vaccine généralisée est souvent mortelle, tandis que la vaccine cutanée et oculaire ne l'est pas toujours. La plupart des lapins inoculés à la cornée ou à la peau survivent; chez ceux qui meurent, il nous a été possible de déceler le virus dans le cerveau.

Au point de vue théorique, ces expériences montrent qu'*il est possible de conférer à l'ultravirus dermotrope de la vaccine une affinité neurotrope constante*. Cette affinité se traduit non seulement par la virulence du germe introduit dans le cerveau, mais aussi par le fait que certains lapins inoculés à la cornée meurent d'encéphalite vaccinale, et que le germe est pathogène par inoculation dans le nerf sciatique (présence de virus dans le cerveau). L'affinité neurotrope reste cependant inférieure à celle du virus qui provoque les véritables ectodermoses neurotropes (encéphalite, poliomyélite, rage).

Au point de vue pratique, *nos recherches ont permis d'obtenir un virus rigoureusement pur, doué de propriétés vaccinales remarquables, et qu'il sera sans doute possible d'utiliser dans la vaccination de l'homme*. Ce virus purifié se conserve parfaitement dans la glycérine et le cerveau qui le contient se prête bien à la préparation d'une pulpe homogène. De plus, il *détermine chez le singe une belle éruption vaccinale de la peau*, quel que soit le mode d'inoculation (scarification ou brûlure superficielle). Des essais de vaccination chez le veau seront bientôt réalisés.

A 16 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 NOVEMBRE 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE. — *La gravitation dans la Mécanique de Newton et dans la Mécanique d'Einstein.* Note de M. **Paul Painlevé**.

Le but de cette Note est de préciser les concordances et les divergences des deux théories.

I. *La gravitation d'après Newton.* — Soit $Oxyz$ des axes absolument fixes au sens de Newton, et S une sphère solide matériellement symétrique autour de son centre C. A l'instant t_0, S est abandonné sans vitesse dans une position où C coïncide avec O; si S est très éloigné de tous les autres corps matériels, il restera immobile par rapport au trièdre $Oxyz$ (principe de Kepler).

Supposons maintenant qu'un autre solide analogue S' se trouve, à l'instant t_0, sans rotation initiale, en présence de S, tous les autres corps étant très éloignés du système S', S. En vertu du *postulat des conditions initiales*, le mouvement du système est déterminé par la position et la vitesse de ses éléments à l'instant t_0, c'est-à-dire ici de P (puisque S initialement est sans vitesse, C occupant la position O).

Le plan fixe Π qui contient O, P_0 et la vitesse initiale de P étant un plan de symétrie de ces conditions initiales, la trajectoire de P (comme celle de C) sera contenue dans le plan Π (*axiome de la symétrie*), par suite aussi l'accélération de P. Si, à un autre instant t_1, le système S', S est placé dans les mêmes conditions initiales qu'à l'instant t_0, à une certaine rotation près autour de O, le mouvement du système après l'instant t_1 se déduira par la même rotation du mouvement après l'instant t_1 (*axiome de causalité*). Enfin

si la vitesse initiale de P est nulle, la droite fixe OP_0 est axe de symétrie des conditions initiales; le mouvement de P (comme celui de C) a lieu suivant cette droite; l'accélération de P est donc dirigée selon cette droite; elle est nulle (*principe de l'inertie*) si la distance OP_0 est très grande.

Les axes $Oxyz$ jouissent en outre de cette propriété que, *dans le vide et à grande distance de tout corps matériel*, un rayon lumineux se comporte comme la trajectoire d'un point matériel, c'est-à-dire que la lumière se propage en ligne droite avec une vitesse constante.

Nous donnerons à cet ensemble de principes le nom d'*axiomes newtoniens fondamentaux*.

Dans la théorie des ondulations, le dernier principe se complète du suivant que j'appellerai pour abréger *axiome de Fresnel*.

Dans le vide et à grande distance de tout corps matériel, *la vitesse de la lumière est la même dans tous les sens* [1].

Postulat de Galilée. — Les accélérations des éléments du système P, S *à l'instant t, ne dépendent que de la position du système à cet instant et non de ses vitesses* [2].

Ce principe a été admis, en fait, par les Newtoniens en vertu des observations astronomiques. Je le distingue néanmoins des précédents, parce que la conception newtonienne de la causalité en Mécanique subsiste même si le principe de Galilée est en défaut.

Admettons ce postulat dans le cas où aucun phénomène électromagnétique ne se mêle à la gravitation. Il entraîne cette conséquence remarquable que *l'accélération de* P *à un instant t est dirigée, ainsi que celle de* C, *suivant la droite* PC *comme dans le cas où les vitesses de* P *et de* S *sont nulles*. L'accélération de P (comme celle de C) est indépendante de la rotation des deux corps S' et S autour de leur centre. Elles s'annulent, l'une et l'autre, avec $\frac{1}{r}$, si r désigne la distance PC. Enfin, si S' se réduit à un élément infinitésimal P, l'accélération de S est sensiblement nulle.

En définitive, la théorie newtonienne admet qu'on peut définir une mesure du temps et des distances et choisir des axes *privilégiés* $Oxyz$ de telle façon que tous les principes précédents soient vrais. Si (sans changer la mesure du temps et des distances) on substitue au trièdre $Oxyz$ un trièdre animé

---

(1) Dans la théorie de *l'émission*, c'est cette vitesse diminuée géométriquement de la vitesse absolue de la source qui est la même dans tous les sens.

(2) Le mouvement de P est, pour Galilée, une sorte de *compromis* continuel entre la vitesse acquise et l'influence du corps S.

d'une translation rectiligne et uniforme, tous les principes précédents subsistent, sauf l'axiome de Fresnel.

Nous nous placerons désormais inclusivement dans l'hypothèse ou LE CORPS S′ EST UN ÉLÉMENT INFINITÉSIMAL. Dans ce cas, C reste sensiblement immobile (si sa vitesse initiale est nulle) ou est animé d'un mouvement sensiblement rectiligne et uniforme.

D'où cette conclusion :

Les axes Oxyz *ayant constamment* C *comme origine et des directions absolument fixes (c'est-à-dire en fait fixes par rapport aux étoiles lointaines), tous les axiomes précédents restent vrais (sauf peut-être celui de Fresnel)* (¹).

Le mouvement du point P sera donc un mouvement plan. Si r, θ désignent les coordonnées polaires dans ce plan, les équations du mouvement (en vertu des axiomes newtoniens fondamentaux) seront de la forme

$$(1)\qquad \frac{d^2r}{dt^2} = G\left(r, \frac{dr}{dt}, \frac{d\theta}{dt}\right), \qquad \frac{d^2\theta}{dt^2} = H\left(r, \frac{dr}{dt}, \frac{d\theta}{dt}\right);$$

elles ne dépendront explicitement ni de t, ni de θ.

En vertu du principe de Galilée, l'accélération de P sera centrale et fonction seulement de r; les composantes de l'accélération suivant le rayon vecteur et la normale à ce rayon étant $r'' - r\theta'^2$ et $\frac{d}{dt}r^2\theta'$, les équations (1) prendront la forme

$$(2)\qquad \frac{d^2r}{dt^2} - r\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 = F(r), \qquad r^2\frac{d\theta}{dt} = \text{const.},$$

où F est — ou + suivant que l'accélération est dirigée vers O ou en sens contraire.

Les postulats précédents laissent complètement indéterminée la fonction F(r). Des observations astronomiques, Newton a déduit que :

1° *L'accélération* F(r) *est la même* (r *étant donné*) *pour tous les éléments* P (*infinitésimaux*);

2° F(r) *est négatif et inversement proportionnel au carré de la distance.*

(¹) Si, au postulat de Galilée, on substituait celui-ci (moins restrictif) : « Pour une position déterminée de P et S, *l'accélération de* P (*comme celle de* C) *ne dépend que de la différence géométrique des vitesses absolues de* P *et de* C », une translation rectiligne et uniforme imposée aux axes Oxyz laisserait subsister tous les axiomes précédents, sauf celui de Fresnel, mais on ne pourrait conclure qu'à la forme (1) des équations du mouvement et non à la forme (2).

L'équation de Laplace-Poisson. — Si l'on pose

$$U = \int F(r)\,dr,$$

U sera de la forme

$$U = \frac{\mu}{r},$$

μ désignant une constante positive, la même pour tous les éléments P. On sait que U vérifie, en dehors du corps S, l'équation de Laplace,

$$(3) \qquad \Delta U \equiv \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = 0,$$

et qu'à l'intérieur de la sphère S (supposée homogène) ΔU est égal à une constante négative (*équation de Poisson*). Inversement, ces conditions imposées à U, jointes à celle de s'annuler à l'infini, imposent à U (en dehors de S) la forme $U = \frac{\mu}{r}$.

Il suit de là, comme on voit, qu'on peut donner à la théorie de la gravitation newtonienne la forme suivante (principe de la moindre action) : *Les trajectoires du point* P *sont les géodésiques du* ds^2

$$ds^2 = (U + h)(dx^2 + dy^2 + dz^2), \qquad (h \text{ constante arbitraire}),$$

où U *est une fonction de* x, y, z *qui s'annule à l'infini dont le* ΔU *est nul à l'extérieur de la sphère* S *et est égal à une constante négative dans* S.

On peut dire encore que U doit être une fonction de r qui satisfait en dehors de S, à l'équation de Laplace.

Substituons maintenant aux coordonnées rectangulaires x, y, z des coordonnées curvilignes quelconques u, v, w. Le ds^2 prend la forme

$$ds^2 = [U(u, v, w) + h]\{E\,du^2 + 2F\,du\,dv + \ldots\} \\ = (U + h)\,d\sigma^2,$$

où E, F, ... satisfont aux conditions INVARIANTES (équations aux dérivées partielles du deuxième ordre) qui expriment que le $d\sigma^2$ est euclidien, et où $U(u, v, w)$ satisfait à une équation aux dérivées partielles du deuxième ordre, dont les coefficients dépendent de E, F, ... équation linéaire où U ne figure pas explicitement, et qui est également invariante. On a mis ainsi les équations newtoniennes du point gravitant sous une forme invariante dans n'importe quel changement de variables *spatiales* (où t n'intervient pas).

Mais il importe de remarquer que, quelle que fût la loi de l'attraction

universelle, si par exemple $F(r)$ était en raison inverse de $r^{1,7}$, on pourrait encore donner aux équations une forme invariante, qui définirait les lois du mouvement à une transformation près des variables u, v, w. Seulement, cette forme serait beaucoup plus compliquée.

Ces remarques sont importantes pour l'intelligence de ce qui va suivre.

II. *La gravitation d'après Einstein.* — Ayant critiqué avec profondeur la notion de *simultanéité absolue*, et ayant conclu à son inanité, les Einsteiniens posant en principe que, dans toutes nos expériences, nous ne faisons jamais que constater la coïncidence de deux phénomènes au même point de l'espace et au même instant, ou, pour parler leur langage, *au même point de l'espace-temps*. Comme cette coïncidence subsiste quel que soit le changement qu'il nous plaît de faire sur les quatre variables x, y, z, t qui repèrent l'espace-temps, ils concluent au principe suivant que j'appellerai PRINCIPE DE L'INVARIANCE : « *Toutes les conséquences positives de la Science peuvent recevoir une forme invariante dans un changement arbitraire des quatre variables qui définissent l'espace-temps.* »

Ce principe ne me paraît pas contestable, à condition du moins de bien le préciser. Je l'énoncerai, pour ma part, ainsi : « *Il est possible de tirer des lois de la Nature des conséquences invariantes dans tout changement du repérage espace-temps,* ET QUI DÉFINISSENT CES LOIS A UN TEL CHANGEMENT PRÈS. »

Mais précisément parce que ce principe est un truisme incontestable, il ne peut rien donner à lui seul; quelles que soient les lois de la nature qu'il nous plaise d'imaginer, on pourra les y plier. Reprenons, par exemple, les équations newtoniennes du mouvement d'un point gravitant, et effectuons-y sur les quatre variables x, y, z, t le changement en u, v, w, τ le plus général. Nous pourrons en déduire des conséquences *invariantes* dans un tel changement de variables, mais ces conséquences seront ARTIFICIELLES gauches et compliquées.

Ce qu'a cherché tout d'abord Einstein, c'est de substituer aux équations de la Mécanique classique des équations qui leur ressemblent, qui conduisent dans les cas les plus fréquents à des conclusions presque identiques, mais dont la forme naturelle soit invariante dans le changement le plus général des quatre variables espace-temps.

Cette tentative rappelle celle de Lagrange, et en même temps s'en différencie. Lagrange a donné aux équations de la Mécanique une forme invariante dans toute transformation spatiale qui ne touche pas au temps, mais cette forme n'est qu'une autre manière de les écrire. Les Einsteiniens,

eux, *font une retouche* à ces équations, pour étendre l'invariance à la transformation espace-temps.

Soient x_1, x_2, x_3, x_4 les quatre variables arbitrairement choisies, qui repèrent dans l'espace-temps un élément matériel quelconque P, et supposons P en présence d'un milieu *donné*. Les Einsteiniens admettent que son mouvement est défini par les géodésiques d'un ds^2 à quatre variables, forme quadratique en dx_1, dx_2, dx_3, dx_4 et somme d'un carré positif et de trois carrés négatifs.

Dans tout mouvement réel, *le ds^2 reste positif;* les mouvements qui correspondent à $ds^2 = 0$ définissent les trajectoires et la vitesse des rayons lumineux.

Cas d'un élément P *très éloigné de tout autre corps matériel.* — Le ds^2 dans ce cas est euclidien; autrement dit, ses coefficients satisfont aux conditions *invariantes* du deuxième ordre qui sont nécessaires et suffisantes pour qu'on puisse, par un changement convenable des quatre variables, ramener le ds^2 à la forme

$$dt^2 - dx^2 - dy^2 - dy^2.$$

Ceci revient encore à dire que, moyennant un choix convenable, soit x, y, z, t, des variables espace-temps, x, y, z seront des fonctions linéaires de t pour tout élément matériel P placé loin des autres, et pour la trajectoire des rayons lumineux, ces derniers satisfaisant en outre à la condition

$$dx^2 + dy^2 + dz^2 = dt^2.$$

C'est là une conséquence (invariante dans tout changement des variables espace-temps) des axiomes de Kepler et de Fresnel, mais la réciproque n'est pas vraie. Pour avoir le principe complet de Kepler et l'axiome complet de Fresnel, il faudra ajouter que x, y, z sont alors les coordonnées définies par un trièdre trirectangle convenablement choisi et t le temps ordinaire mesuré par un observateur lié à ce trièdre. Il faudra en outre, pour les vérifications expérimentales, modifier matériellement ce trièdre.

Imaginons, par exemple, que pour un observateur lié à la terre et tournant avec elle ainsi que son trièdre $Oxyz$, les corps très éloignés aient une accélération constante, mais formidable, parallèle à la ligne des pôles, et que les rayons lumineux dessinent par suite des paraboles à courbure très accentuée. Le principe d'inertie einsteinien serait vérifié. Pourtant, il serait en complète discordance avec la mécanique newtonienne; le trièdre

par rapport auquel le principe d'inertie serait vrai n'aurait pas ses directions fixes par rapport aux étoiles.

Imaginons encore que, pour les mêmes observateurs, Oz étant parallèle à la ligne des pôles, le mouvement de P soit défini par les équations

$$x = at + b, \qquad y = a_1 t_1 b_1, \qquad z = (a_2 t + b_2)(a_1 t + b_1)(at + b),$$

a, b, a_1, b_1, a_2, b_2 étant six constantes arbitraires.

Le principe d'inertie einsteinien serait vrai, et pourtant il n'existerait aucun trièdre de référence par rapport auquel le principe de Kepler le serait.

Enfin, dernière et importante remarque, le principe d'inertie einsteinien subsisterait même si l'expérience de Michelson avait donné des résultats contraires à ceux qu'elle a effectivement donnés, c'est-à-dire si elle avait mis en évidence le mouvement de la Terre. Il suffit en effet, pour que ce principe soit vrai, qu'il existe *au moins un repérage* pour lequel le principe de Kepler et celui de Fresnel soient vrais simultanément.

En réalité, les Einsteiniens admettent les postulats suivants : soit S un globe matériel ayant la symétrie d'une sphère autour de son centre, très éloigné de tous les autres corps et ne tournant pas par rapport aux étoiles.

Des observateurs sont emportés sur ce globe avec leurs instruments; ils mesurent le temps et les longueurs comme nous les mesurons sur la Terre, et rapportent les positions des autres corps à leur globe; pour ces observateurs, les principes de Kepler et de Fresnel énoncés à la façon ordinaire sont vrais. Ils le seront également pour les observateurs de tout autre globe S', analogue à S, éloigné de tous les autres, et ne tournant pas par rapport aux étoiles : pour les observateurs de S, S' sera animé d'une translation rectiligne et uniforme (et réciproquement).

En un mot, parmi tous les repérages possibles, les Einsteiniens admettent qu'il en est de privilégiés : ces repérages coïncident avec ceux qualifiés d'*absolus* par les Newtoniens et répondent aux mêmes postulats fondamentaux, à cette précision près : dans les deux théories, il existe une infinité d'axes privilégiés absolus; dans la théorie d'Einstein comme dans celle de l'émission, la vitesse de la lumière issue d'une source au repos (¹) par rapport aux axes absolus choisis $Oxyz$ est la même dans tous les sens (et la

(¹) Des travaux récents semblent prouver que cette vitesse est indépendante du mouvement propre de la source, mais la question mérite d'être approfondie et discutée. Dans la théorie de l'émission, c'est la vitesse du rayon lumineux, diminuée géométriquement de la vitesse de la source (par rapport à $Oxyz$) au moment de l'émission, qui est la même pour tous les rayons.

même pour tous les axes absolus); dans la théorie des ondulations, ce n'est vrai que pour les axes absolus fixes relativement à l'éther.

Cette divergence entraîne une différence essentielle dans les formules qui, dans l'une et l'autre théorie, permettent de passer des mesures des observateurs S aux mesures des observateurs S'. Mais je n'insiste pas aujourd'hui sur ce sujet. Il me suffit de retenir cette conclusion : d'après la théorie classique, S reste indéfiniment immobile par rapport à l'éther s'il l'est initialement. Il y a, dans ce cas, coïncidence complète entre les postulats fondamentaux einsteiniens et newtoniens.

Il importe à ce sujet d'éviter une confusion qui s'est glissée dans beaucoup d'esprits et même chez des physiciens à la lecture superficielle de certaines formules audacieuses et trop ramassées, telles que celle-ci : « L'expression des lois de la nature est indépendante du mode de repérage qu'il nous plaît d'adopter. » Ils en ont conclu que, si le globe S, par exemple, tournait par rapport aux étoiles, les observateurs emportés avec lui ainsi que leurs instruments de mesure, verront encore la lumière se propager en ligne droite, puisque l'expression des lois de la nature devrait rester la même. C'est cette interprétation complètement erronée de la théorie de la relativité qui a provoqué tant de discussions sur des expériences telles que celles de M. Sagnac. En réalité si S tourne relativement aux étoiles, la lumière, d'après la théorie classique, décrira pour les observateurs de S une sorte de spirale, à courbure peu accentuée à cause de la grande vitesse de la lumière, et que les formules classiques du changement d'axes permettent facilement de calculer. Dans la théorie d'Einstein, ces formules sont très légèrement modifiées par l'influence de la rotation sur les mesures des observateurs tournants. Mais cette modification est si faible que la spirale einsteinienne décrite par la lumière coïncide avec la spirale classique à des divergences près imperceptibles dans nos expériences actuelles. Cette simple remarque suffit à couper court à toutes les difficultés qu'on a cru pouvoir susciter à propos de l'expérience de M. Sagnac [1].

III. *Cas d'un élément très petit* P *en présence d'un corps sphérique* S, *tous les autres corps étant très éloignés*. — Si le corps S (de centre O) ne tourne pas par rapport aux étoiles, les Einsteiniens admettent que, pour les observateurs de S, le mouvement de P répond à tous les axiomes newtoniens fondamentaux relatifs au cas où S est *absolument fixe*. Rapporté à des axes Oxyz de

---

[1] Voir la Communication de M. Langevin du 7 novembre 1921, Communication qui concorde avec ce qui précède.

directions fixes relativement aux étoiles, le mouvement de P sera donc plan et ses équations en coordonnées polaires r et θ (de pôle O) seront de la forme (1), c'est-à-dire ne dépendront explicitement ni de t ni de θ. Pour aller plus loin, la Mécanique classique admet le *principe de Galilée* (à savoir que l'accélération de P à un instant t ne dépend que de la position de P), et elle parvient ainsi aux équations (2). La Mécanique einsteinienne, elle, admet que les équations du mouvement doivent rentrer dans la classe *très étendue, mais pourtant exceptionnelle* des systèmes d'équations du deuxième ordre qui définissent les géodésiques d'un ds^2 à quatre variables. En vertu des postulats précédents, si l'on adopte le repérage des observateurs de S, à savoir les coordonnées polaires de l'espace de centre O et le temps ordinaire, ce ds^2 doit être alors de la forme

$$(3)\qquad ds^2 = A(r)\,dt^2 - 2B(r)\,dt\,dr - C(r)\,[r^2\,d\theta^2 + \sin^2\theta\,d\varphi^2] - D(r)\,dr^2.$$

Pour $r = \infty$, en vertu du principe de l'inertie et de l'axiome de Fresnel, on doit avoir $A = V$, $B = 0$, $C = D = 1$, la quantité V désignant la vitesse de la lumière loin de toute matière, vitesse que par un choix convenable d'unités nous supposerons égale à 1.

IV. *Conditions einsteiniennes invariantes.* — Quelles que soient d'ailleurs les fonctions A, B, C, D de r que l'expérience nous conduirait à adopter, il serait toujours possible de former des conditions invariantes auxquelles devraient satisfaire les coefficients de ds^2 quand on y remplace r, θ, φ et t en fonction de quatre variables entièrement quelconques. Mais Einstein veut *a priori* que ces conditions invariantes soient des équations aux dérivées partielles du deuxième ordre d'une forme spéciale, qui s'inspirent à la fois des théories de la gravité newtonienne en coordonnées curvilignes, et de la théorie de la courbure des surfaces ordinaires.

Ce sont ces restrictions capitales, et non le truisme pur et simple de l'invariance, qui parmi les ds^2 de la forme (3) ne laissent subsister que les suivants :

$$(4)\qquad ds^2 = \left[1 - \frac{2\mu}{f(r)}\right][dt - \chi(r)\,dr]^2 - f^2(r)\,[d\theta^2 + \sin^2\theta\,d\varphi^2] - \frac{f'^2(r)\,dr^2}{1 - \frac{2\mu}{f(r)}},$$

où μ est une constante et où f et χ sont deux fonctions arbitraires de r telles seulement que $\chi(r)$ tende vers zéro et $f'(r)$ (toujours positif) tende vers 1, quand r tend vers l'infini.

V. *Réversibilité des mouvements.* — Admettons en outre que les lois du mouvement ne changent pas quand on change t en $-t$; alors dt ne doit

figurer que par son carré, et le ds^2 est nécessairement de la forme [1]

$$ds^2 = \left[1 - \frac{2\mu}{f(r)}\right] dt^2 - f^2(r)[d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2] - \frac{f'^2(r)\, dr^2}{1 - \frac{2\mu}{f(r)}}, \tag{5}$$

où f' doit être positif et tendre vers l'unité pour $r = \infty$.

Les Einsteiniens admettent enfin que *la constante* μ *et la fonction* $f(r)$ *sont les mêmes quel que soit l'élément* P.

Enfin si le corps S (de centre O) tournait par rapport aux étoiles, soient $Oxyz$ des axes de direction fixé par rapport aux étoiles : d'après les Einteiniens l'influence de la rotation sur les instruments de mesure, pour les observateurs du globe S, est négligeable à moins d'une rotation formidable, en sorte que tout ce qui précède s'applique encore au mouvement de P par rapport à $Oxyz$.

Comparaison des postulats des théories de la gravitation d'après Newton et Einstein. — Les directions des axes $Oxyz$ étant fixes par rapport aux étoiles et les variables r, θ, φ, t désignant les coordonnées polaires ordinaires de pôle O (centre de S) et le temps mesurés par les observateurs de S, les deux théories admettent les principes concordants suivants :

1° Le mouvement du point P quand il est très éloigné de tous les autres corps est rectiligne et uniforme.

2° Les lois du mouvement autour de O du point gravitant P ne dépendent pas explicitement de t et répondent à la symétrie d'une sphère autour de son centre O.

Par suite, la trajectoire de P est plane, son plan contenant O; et en coordonnées polaires planes r, θ, les équations de mouvement sont des équations du deuxième ordre où ni θ, ni t ne figurent explicitement [équations de la forme (1)].

3° Les lois du mouvement ne changent pas quand on change t en $-t$.

4° L'accélération d'un élément P pour une position et une vitesse données de cet élément est la même quel que soit cet élément.

5° Dans l'espace interstellaire la lumière se propage en ligne droite avec une vitesse constante pour une direction donnée.

Postulats divergents. — En employant les équations classiques de la Mécanique sous la forme du principe de la moindre action, on peut mettre en parallèle les postulats divergents ainsi :

---

(1) Les Einsteiniens qualifient de *statique* tout ds^2 où t ne figure pas explicitement et où dt ne figure que par dt^2. Les propriétés mathématiques de tels ds^2 sont bien connues.

Théorie classique.

1° Si, sans changer le temps, on introduit des coordonnées curvilignes quelconques u, v, w au lieu de x, y, z, les trajectoires du mouvement sont les géodésiques d'un

$$d\sigma^2 = (U + h)\, d\sigma_1^2,$$

où $d\sigma_1^2$ est une forme quadratique en du, dv, dw, dont les coefficients satisfont aux conditions invariantes (équations aux dérivées partielles du deuxième ordre) qui expriment que le $d\sigma_1^2$ est euclidien et où $U(u, v, w)$, en dehors du globe S, satisfait à l'équation de Laplace en coordonnées curvilignes, équation invariante du deuxième ordre linéaire et homogène et où U ne figure pas explicitement.

2° Dans la théorie des ondulations, la vitesse de la lumière, loin de tout corps matériel, n'est la même dans tous les sens que si S est absolument fixe et non animé d'une translation par rapport à l'éther.

Dans la théorie de l'émission, la vitesse de la lumière est la même dans tous les sens si la source lumineuse est fixe par rapport aux axes $Oxyz$.

Théorie d'Einstein.

1° Les mouvements de P sont définis par les géodésiques d'un ds^2 à quatre dimensions dont les coefficients doivent satisfaire à certaines conditions invariantes dans n'importe quel changement des variables espace-temps, conditions aux dérivées partielles du deuxième ordre, de forme spéciale et qui laissent au problème le degré d'indétermination que l'expérience semble indiquer.

2° La vitesse de la lumière loin de tout corps matériel est la même dans tous les sens, et les géodésiques pour lesquelles ds^2 est nul définissent les trajectoires et le mouvement de la lumière.

Conclusions de tous les postulats (avec l'emploi des variables t, r, θ, φ).

$$d\sigma^2 = \left(\frac{\mu_1}{r} + h\right) \times [dr^2 + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2)],$$

μ_1 constante.

$$ds^2 = \left[1 - \frac{2\mu}{f(r)}\right] dt^2 - f^2(r)[d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2] - \frac{f'^2(r)\, dr^2}{1 - \frac{2\mu}{f(r)}},$$

μ constante, f fonction arbitraire de r telle que $f'(r)$ soit positif et tende vers zéro avec $\frac{\mu}{r}$.

Comparaison avec les observations astronomiques. — Dans ces observations, le maximum et le minimum r_1 et r_2 de la distance de la planète P au centre du soleil S sont parmi les éléments les mieux mesurés. Soit ω l'angle de ces deux rayons vecteurs r_1, r_2 et posons :

$$r_1 + r_2 = 2a, \qquad \frac{r_1 - r_2}{r_1 + r_2} = e;$$

dans la théorie newtonienne, a est le demi-grand axe et e l'excentricité de l'ellipse keplérienne. Soit enfin T l'intervalle de temps qui s'écoule entre deux périhélies successifs. Dans la théorie newtonienne, des formules classiques donnent

$$(6) \qquad \mu_1 = \frac{4\pi^2 a^3}{T^2}, \qquad \omega = \pi.$$

Dans la théorie einsteinienne, la trajectoire de P ne se ferme pas (¹), et si l'on pose

$$f(r_1) = f_1, \qquad f(r_2) = f_2, \qquad 2\alpha = f_1 + f_2,$$

on a

$$(7) \qquad \frac{\mu}{1 + 6\frac{\mu}{\alpha}} = 4\pi \frac{\alpha^3}{T^2} \qquad \text{et} \qquad \omega - \pi = 3\pi\mu \frac{f_1 + f_2}{f_1 f_2}.$$

En outre, la déviation δ d'un rayon lumineux issu d'une étoile et passant près du bord du Soleil pour un observateur très éloigné placé de l'autre côté du Soleil est

$$(8) \qquad \delta = \frac{4\mu}{f(l)},$$

l désignant le rayon du Soleil.

Dans toutes ces formules, les unités sont choisies de façon que la vitesse de la lumière V soit égale à 1.

La comparaison des formules (6) et (7) montre que μ doit différer très peu de μ_1 et $\frac{f(r)}{r}$ très peu de l'unité (du moins dans le champ des observations astronomiques). La quantité $\frac{4\pi^2\alpha^2}{T^2}$ différera donc très peu de $\frac{4\pi^2 a^2}{T^2}$ et de $\frac{\mu}{l}\frac{l}{a} = \frac{4l}{10^6 a}$ (en chiffres ronds). Pour chaque planète, la quantité $\frac{\mu}{r}$ sera inférieure à $\frac{4}{10^6}\frac{l}{a(1-e)} < \frac{4}{10^6}$.

Einstein admet que $f(r) \equiv r$; cette identification n'est donc pas une conséquence de la relativité, mais elle est imposée *approximativement* par une première confrontation avec les observations astronomiques.

(¹) L'année sidérale T′ (temps nécessaire pour que le rayon vecteur SP reprenne la même direction stellaire) diffère alors de T; elle est plus courte d'une petite durée qui dépend de la direction stellaire SE prise comme repère; la différence est maxima si SE coïncide avec la direction de l'aphélie (au début de l'année mesurée) et minima si SE coïncide avec la direction du périhélie.

Si on l'admet, on peut écrire

$$(9) \qquad \omega - \pi = \frac{6\pi\mu_1}{(1-e^2)a}(1+\eta), \qquad \delta = \frac{4\mu_1}{l}(1+\eta_1),$$

μ_1 désignant la valeur keplérienne $\frac{4\pi^2 a^3}{T^2}$ très approximativement commune à toutes les planètes, et η, η_1 deux quantités très petites devant l'unité.

Les formules (9) sont vérifiées pour l'avance du périhélie de Mercure et pour la déviation d'un rayon lumineux rasant le bord du Soleil. Mais on n'en peut conclure que la loi rigoureuse de la gravitation soit donnée par $f(r) \equiv r$.

Posons, en effet,

$$(10) \qquad f(r) = r[1 + \varepsilon(u)] \quad \text{avec} \quad u = \frac{\mu}{r},$$

la fonction $\varepsilon(u)$ étant assujettie à être très petite pour $r > l$ $\left(\text{par exemple inférieure à } \frac{1}{10^3} \text{ pour } u < \frac{4}{10^6}\right)$ et telle de plus que $u\frac{d\varepsilon}{du} - \varepsilon(u)$ tende vers zéro avec u et reste inférieur à 1 pour $u < \frac{4}{10^6}$. *Les deux formules* (9) *subsistent* (η et η_1 restant très petits devant l'unité) et les deux vérifications qui ont si justement frappé l'opinion sont exactement aussi satisfaisantes.

Mais la première des formules (7) donne alors, en appelant ε_1 et ε_2 les valeurs de ε qui correspondent à r_1 et r_2,

$$(11) \qquad \frac{4\pi^2 a^3}{T^2} = \mu\left[1 - \frac{6\mu}{a} + \frac{3\varepsilon_1}{2}(1+e) - \frac{3\varepsilon_2}{2}(1-e)\right].$$

Einstein choisit $\varepsilon \equiv 0$ et l'on peut prendre pour μ la valeur

$$\frac{4\pi^2 a^3}{T^2}\left(1 + \frac{24\pi^2 a^2}{T^2}\right)$$

calculée pour Mercure [1]. Mais il n'en résulte pas que le choix $\varepsilon \equiv 0$ soit celui qui rende le mieux compte des observations astronomiques.

L'étude des *trajectoires seules* (trajectoire d'une planète ou trajectoire d'un rayon lumineux) ne permet pas de choisir aucune de ces fonctions $\varepsilon(r)$ de préférence aux autres; dans l'état actuel de nos mesures, toutes se valent.

---

[1] Cette valeur coïncide avec la constante μ_1 de Kepler, à une erreur *relative* près moindre que $\frac{1}{7 \times 10^6}$.

Seule l'étude très précise du *temps* (durée des années de chaque planète) peut déterminer la fonction $\varepsilon(r)$. Encore faut-il que la planète soit sans satellite; sinon, il faut aborder le problème de trois corps au moins en présence, et les complications de la théorie einsteinienne deviennent formidables. D'une manière générale, il faudrait, en partant de la formule einsteinienne, où la fonction $\varepsilon(r)$ est indéterminée, refaire les Tables de Le Verrier suivant la nouvelle doctrine, et déterminer la fonction $\varepsilon(r)$ qui s'accorde le mieux avec les observations astronomiques. Dans l'état actuel des choses, nous pouvons aussi bien, au lieu de $f(r) \equiv r$, choisir $f(r)$ par exemple par la condition

$$\frac{f^2}{1-\frac{2\mu}{f}} = r^2;$$

le ds^2 devient alors

$$\left(1-\frac{2\mu}{f}\right)[dt^2 - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2)] - \frac{f'^2\, dr^2}{1-\frac{2\mu}{f}}; \tag{12}$$

l'accélération de P passe par O; elle est *centrale*, au lieu que, d'après la loi d'Einstein, elle a une composante normale à OP.

Approximativement $\left(\text{en négligeant } \frac{\mu^2}{r^2} \text{ devant l'unité}\right)$, on a

$$f = r - \mu,$$

et le dernier ds^2 peut s'écrire

$$\left(1-\frac{2\mu}{r}\right)[dt^2 - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2)] - \frac{dr^2}{1-\frac{2\mu}{r}}. \tag{12 bis}$$

On peut choisir encore $f(r)$ par la condition

$$\frac{f'^2}{1-\frac{2\mu}{f}} = 1,$$

ou *approximativement*

$$f = r\left[1 - \frac{\mu}{r}\log\frac{r}{\mu}\right],$$

d'où

$$ds^2 = \left(1-\frac{2\mu}{r}\right)dt^2 - r^2\left(1-\frac{2\mu}{r}\log\frac{r}{\mu}\right)(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2) - dr^2. \tag{13}$$

On pourrait prendre encore

$$\frac{f'^2}{\left(1-\frac{2\mu}{f}\right)^2} = 1,$$

d'où approximativement

$$f = r\left(1 - \frac{2\mu}{r}\log\frac{r}{\mu}\right)$$

et

$$(14)\qquad ds^2 = \left(1 - \frac{2\mu}{r}\right)(dt^2 - dr^2) - r^2\left(1 - \frac{4\mu}{r}\log\frac{\mu}{r}\right)(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2).$$

En outre, si l'un des ds^2 ainsi adoptés présente des divergences avec les *durées* astronomiques observées, on pourrait toujours les faire disparaître par l'addition à ε de termes de la forme

$$b\left(\frac{\mu}{r}\right)^n \qquad (n > 1.$$

Enfin, on pourra toujours, *ad libitum*, ajouter à ε un terme arbitraire de cette forme, n étant assez grand pour que ce terme soit petit mais appréciable pour $r = e$ (surface du Soleil), mais complètement négligeable pour Mercure et les planètes plus éloignées. Il ne sera donc pas *logiquement* possible, si loin qu'on pousse les vérifications, de choisir entre trois ds^2 de la forme (5) où le coefficient de dr^2 est respectivement plus grand que 1, égal à 1 et plus petit que 1.

D'après certaines conceptions d'Einstein, que je considère quant à moi, je l'ai dit déjà, comme audacieuses et spéculatives, sa loi de gravitation entraînerait cette conséquence que tous les corps se contractent *de la même manière* $\left(\text{à savoir dans le rapport} \sqrt{1 - \frac{2\mu}{r}}\right)$ dans le sens du Soleil, quand ils s'en rapprochent. Pour qu'une telle affirmation fût admissible, il faudrait que la loi de gravitation d'Einstein fût la loi UNIQUE imposée par sa doctrine; mais il n'en est rien, et la même conception, appliquée au ds^2 (14), conduirait à la conclusion inverse. Il est vrai qu'en ce qui concerne l'influence de la gravitation sur la fréquence des vibrations d'un atome, le coefficient de dt^2 est à peine modifié par les divers choix de $\varepsilon(r)$, et par conséquent le sens de la conclusion n'est pas renversé. Mais si l'esprit même de la conception est contestable dans le cas des longueurs, comment ne le serait-il pas pour les durées?

Mais si intéressantes qu'elles soient, ces conceptions métaphysiques scientifiques peuvent crouler, sans que soit détruite la théorie positive de la gravitation, construite par Einstein.

ASTRONOMIE. — *Sur un cas particulier de diffraction des images des astres circulaires et la détermination de leurs diamètres.* Note de M. **Maurice Hamy.**

J'ai abordé, dans diverses publications, l'étude du problème suivant :

« Un astre circulaire, de diamètre 2ε, de l'ordre de grandeur de celui du Soleil, étant observé au foyer d'une lunette, diaphragmée par une fente rectiligne, de largeur a et de longueur h, trouver la valeur de l'intensité lumineuse, le long de l'axe de symétrie de l'image, parallèle au grand côté de la fente, dans une direction faisant l'angle φ avec la droite allant de l'observateur au centre de l'astre. »

Mon dernier Mémoire, publié sur ce sujet (1), est consacré à l'examen de l'hypothèse où le disque possède un éclat uniforme. Une des conséquences de ce travail est de fournir un moyen direct de détermination du diamètre angulaire véritable de l'astre, tel qu'on l'observerait si le phénomène de la diffraction n'existait pas. C'est ce que je me propose de montrer, dans la présente Communication, après avoir rappelé quelques résultats auxquels conduit la théorie.

Il y a lieu tout d'abord de faire une distinction entre le bord géométrique de l'image, c'est-à-dire le bord de l'image que l'on observerait au foyer de la lunette s'il n'y avait pas de diffraction, et le bord optique, c'est-à-dire l'apparence de contour limite que constate l'observateur et qui est une conséquence de la variation très rapide, mais en réalité continue, de l'intensité lumineuse, dans le voisinage du bord géométrique. Le bord optique résulte d'une impression purement physiologique, tenant à l'imperfection de la vision, et n'est pas susceptible de définition physique. Quoi qu'il en soit, c'est sur lui que portent les pointés exécutés par l'observateur. La question à résoudre est de trouver une correction permettant de ramener les observations à ce qu'elles seraient si l'on pouvait pointer le bord géométrique.

Appelons λ la longueur d'onde des radiations admises dans l'œil de l'observateur, après le passage des rayons à travers l'oculaire et un écran monochromatique convenable, et posons

$$m = \pi \frac{h \sin\varepsilon}{\lambda}, \qquad n = \pi \frac{a \sin\varepsilon}{\lambda}.$$

(1) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1920.

D'après la théorie, l'intensité absolue au point A, où le bord géométrique est rencontré par l'axe de symétrie de l'image parallèle au grand côté h de la fente, est proportionnelle à

$$-\frac{32}{3}\frac{n^2}{m}m^{\frac{3}{2}}\left[\sqrt{\frac{n^2}{m}}+3\sqrt{2\pi}\,S_0\right],$$

S_0 désignant une fonction de $\frac{n^2}{m}$. En conséquence, si l'on fait varier la longueur h de la fente, en donnant à tout instant à la largeur a une valeur telle que le rapport $\frac{n^2}{m}$ reste constant, l'intensité au point considéré A varie proportionnellement à $m^{\frac{3}{2}}$ ou, ce qui revient au même, à $h^{\frac{3}{2}}$.

D'autre part, quand on fait varier le grossissement G de l'oculaire de la lunette, l'éclat des images virtuelles, vues à travers l'oculaire, varie comme $\frac{1}{G^2}$. Si donc on examine l'image virtuelle i_1, correspondant à une fente de longueur h, avec un oculaire de grossissement G, puis l'image i_2, correspondant à une fente de longueur $\frac{h}{2}$, avec un oculaire de grossissement $\frac{G}{2}$, l'éclat de l'image au point A, dans la seconde hypothèse, a pour valeur le produit par $\sqrt{2}$ de l'éclat de l'image au même point, dans la première. En introduisant, entre l'œil et l'oculaire, une lame absorbante d'opacité égale à $\sqrt{2}$, pour observer l'image i_2, on ramène l'éclat au point A de cette image à égaler celui qui se manifeste au même point, dans l'observation de l'image i_1. Nous supposerons, dans ce qui suit, sans nouvelle spécification, que l'éclat de l'image i_2 a été réduit comme on vient de l'expliquer.

Prenant comme unité d'intensité, l'intensité au bord géométrique, dans le Mémoire déjà cité, j'ai étudié la fonction qui fournit l'intensité relative, le long de l'axe de symétrie de l'image parallèle au grand côté de la fente. J'ai établi que la variation de cette fonction est maximum, dans le voisinage immédiat du bord géométrique, lorsque $\frac{n^2}{m}=\frac{1}{2}$. Le bord optique est aussi tranché que possible, lorsque cette condition est satisfaite. En raison de cette circonstance, j'ai étudié en détail la fonction fournissant l'intensité relative, pour $\frac{n^2}{m}=\frac{1}{2}$. Un résultat important, auquel je suis parvenu, est le suivant : l'intensité relative est une fonction décroissante $f(\xi)$ de la

variable unique

$$\xi = \frac{h}{\lambda}(\sin\varphi - \sin\varepsilon),$$

lorsque la longueur h reçoit des valeurs de l'ordre de grandeur de l'ouverture des lunettes astronomiques couramment employées dans les observatoires. h et φ ne figurent alors pratiquement, dans cette fonction, que parce que ces paramètres rentrent dans la composition de ξ. L'approximation est de l'ordre du dix-millième, lorsque h a pour valeur 1^m.

Dans le voisinage du bord géométrique de l'image, φ est très voisin de ε et l'on a

$$\xi = \frac{h}{\lambda}\left[(\varphi - \varepsilon)\cos\varepsilon - \frac{\sin\varepsilon}{2}(\varphi - \varepsilon)^2 + \ldots\right].$$

Il en résulte, comme ε est de l'ordre de grandeur de $\frac{1}{215}$, que l'on peut prendre alors

$$\xi = \frac{h}{\lambda}(\varphi - \varepsilon),$$

c'est-à-dire que ξ est, dans ce cas, proportionnel à la distance angulaire, au bord géométrique, du point de l'image où porte l'observation.

L'identité

$$f\left[\frac{h}{\lambda}(\varphi - \varepsilon)\right] \equiv f\left[\frac{\frac{h}{2}}{\lambda}2(\varphi - \varepsilon)\right]$$

conduit à une propriété essentielle des images virtuelles i_1 et i_2, observées le long de l'axe de symétrie parallèle au grand côté de la fente, dans le voisinage du bord géométrique. Elle montre que l'intensité de l'image i_1, à la distance angulaire $\varphi - \varepsilon$ du bord géométrique, est identique à l'intensité de l'image i_2, à la distance angulaire $2(\varphi - \varepsilon)$ du même bord. Or, comme l'image i_1 est observée avec un oculaire deux fois plus grossissant que l'oculaire servant à examiner l'image i_2, l'angle sous lequel l'œil de l'observateur aperçoit l'espace séparant du point A le point de l'image i_1, situé à la distance angulaire $\varphi - \varepsilon$ de A (distance angulaire vue du point nodal d'émergence de l'objectif de la lunette), cet angle, dis-je, est égal à celui sous lequel l'œil voit l'espace séparant du point A le point de l'image i_2, situé à la distance angulaire $2(\varphi - \varepsilon)$ de A.

Il résulte de ce qui précède, que les manifestations lumineuses, le long de l'axe de symétrie des images i_1 et i_2, parallèle au grand côté de la fente, se présentent exactement sous le même aspect, pour l'observateur, dans le

voisinage du bord géométrique. Lorsqu'il pointe le bord optique de l'image i_1, il place le fil micrométrique en un point du champ situé à une distance angulaire ψ, inconnue mais faible, du bord géométrique et l'espace séparant ce fil de A serait vu par lui, à travers l'oculaire, sous un angle ω, si ce dernier bord était visible. Comme conséquence de ce que l'on vient de dire, l'observateur ayant affaire à des manifestations lumineuses identiques, dans le cas de l'image i_2, pointera le bord optique de cette image de façon à apercevoir l'espace compris entre le fil et le point A, sous l'angle ω, à travers l'oculaire, comme précédemment. Mais cet angle correspond maintenant à une distance angulaire du fil au bord géométrique égale à 2ψ (distance angulaire vue de l'objectif de la lunette).

En résumé, en pointant le bord optique de l'image i_1, on place le fil micrométrique à une certaine distance angulaire du bord géométrique; en pointant le bord optique de l'image i_2, on place ce fil à une distance angulaire double du bord géométrique. Appelons δ_1 la distance angulaire des deux points du bord optique de l'image i_1 de l'astre, placés sur l'axe de symétrie déjà considéré, et δ_2 la distance angulaire des deux points analogues de l'image i_2. Il résulte des considérations développées ci-dessus que la différence $2\delta_1 - \delta_2$ est exactement égale au diamètre géométrique de l'astre. Or l'expérience fait directement connaître δ_1 et δ_2.

Cette règle si simple, pour déterminer le diamètre géométrique, il convient d'insister sur ce point, est une conséquence de la grandeur du disque de l'astre. Elle ne saurait s'appliquer à l'observation des diamètres des planètes dont les dimensions sont beaucoup trop petites, pour que les résultats théoriques, sur lesquels nous nous sommes appuyés, soient valables.

L'application de la méthode au Soleil suppose que l'on puisse, sans erreur sensible, faire abstraction des variations d'éclat du disque. Par ailleurs, les images des bords doivent être totalement dépourvues d'ondulations. A cet égard, j'ai déjà eu l'occasion d'appeler l'attention sur les avantages que l'on retirerait de l'emploi des glaciers, comme stations d'observations. On éviterait ainsi les mouvements de convection de l'air échauffé par le sol, dans les stations ordinaires, agitations qui sont la cause principale des perturbations des images pendant le jour.

Resterait à savoir ce que vaut, au point de vue qui nous occupe, l'assimilation du Soleil à un astre uniformément lumineux. Sans pouvoir donner encore d'indications positives à cet égard, j'ai cependant lieu de croire, dès maintenant, que la méthode d'observation signalée ci-dessus demeure valable lorsqu'on tient compte de la décroissance d'éclat du disque du

centre au bord. Mais je ne pourrai me prononcer d'une façon définitive sur ce point tant que des travaux théoriques étendus, actuellement en cours, seront inachevés.

ASTRONOMIE. — *Nouvelles formules pour le calcul de la ligne de recherche d'une petite planète.* Note de M. **Louis Fabry**.

A cause des perturbations produites par Jupiter et Saturne, les positions des petites planètes, calculées avec les formules du mouvement elliptique autour du Soleil, diffèrent des positions observées. Les écarts Obs. — Calc. donnés par les éphémérides atteignent parfois plusieurs degrés.

Mais les perturbations affectent surtout la longitude dans l'orbite, de sorte qu'une planète se trouve toujours dans le voisinage d'une ligne, appelée *ligne de recherche*, qui est la projection apparente de son orbite elliptique sur la sphère céleste. La distance angulaire de la planète à cette ligne dépasse rarement 10 à 15 minutes d'arc, tandis que l'écart en ascension droite est quelquefois de plusieurs degrés.

Cette ligne a donc une grande importance pour les observateurs; sa connaissance facilite beaucoup la recherche, visuelle ou photographique, d'une planète; et permet aussi, après qu'on l'a trouvée, de la distinguer de celles qui pourraient se rencontrer dans son voisinage.

Sur une carte céleste peu étendue, la ligne de recherche peut être confondue avec une ligne droite qui, pendant la durée d'une éphéméride d'opposition, se déplace à peu près parallèlement à elle-même. De sorte qu'il suffit de la calculer pour l'époque de l'opposition et de l'indiquer par sa direction : changement de déclinaison qui correspond à un changement d'une minute de temps en ascension droite.

Mais il est à remarquer que cette direction de recherche, qui ne varie presque pas pendant deux ou trois mois, change au contraire complètement d'une opposition à la suivante. En outre, elle diffère en général beaucoup de la trajectoire apparente de la planète, qu'on obtient en reportant sur une carte céleste les positions données par l'éphéméride. Ce n'est que dans une orbite à inclinaison nulle que la trajectoire apparente et la ligne de recherche coïncideraient, toutes deux se confondant avec l'écliptique.

L'astronome qui calcule une éphéméride peut obtenir très facilement la ligne de recherche, en déplaçant la planète dans son orbite et laissant la Terre fixe. Pour cela, il suffit de refaire les dernières lignes d'une colonne

de calcul en conservant les coordonnées du Soleil X, Y, Z, sans changement et prenant les coordonnées de la planète x, y, z, ou dans la colonne précédente, ou dans la suivante. Le rapport du changement de la déclinaison au changement de l'ascension droite, exprimé en minutes de temps, fournit la direction cherchée.

Il est bon de faire les deux petits calculs et prendre la moyenne des résultats, lesquels diffèrent légèrement l'un de l'autre. En effet, si les colonnes successives sont séparées par un intervalle d'une dizaine de jours, la ligne de recherche se trouve calculée par une longueur assez grande. Comme elle est légèrement courbe, les deux cordes rectilignes obtenues par des déplacements de la planète à droite ou à gauche ne coïncident pas rigoureusement; on prend la moyenne qui coïncide sensiblement avec la tangente.

Lorsqu'une planète s'écarte quelque peu de son éphéméride et que la direction de recherche n'est pas indiquée, l'observateur est fort embarrassé, d'abord pour chercher la planète, ensuite, s'il la trouve, pour la distinguer de celles qui peuvent être dans son voisinage. Il importe donc de pouvoir déduire cette direction des coordonnées géocentriques, ascension droite, déclinaison, distance à la Terre, fournies par l'éphéméride.

M. Lagrula, de l'Observatoire de Nice, qui retrouve les planètes en projetant visuellement une carte photographique sur le Ciel, au moyen d'un appareil spécial inventé par lui, avait particulièrement besoin de résoudre ce problème. Il l'a résolu, en effet, au moyen de formules publiées dans le *Bulletin astronomique*, t. 35, p. 228.

A cause de l'importance de la question dans les études concernant les petites planètes, je voudrais faire connaître aussi les formules que j'emploie dans le même but. On peut les déduire de celles que M. Lagrula a publiées, mais il est plus simple de les établir directement :

Le déplacement apparent d'une planète peut se décomposer en deux parties, l'une due au déplacement de l'astre sur son orbite, l'autre due au déplacement de la Terre. En retranchant ce dernier mouvement du mouvement apparent donné par l'éphéméride, on obtiendra donc le mouvement dû au seul déplacement de la planète, c'est-à-dire la ligne de recherche.

Désignons par Æ, D, Δ les coordonnées géocentriques de la planète : ascension droite, déclinaison, distance à la Terre; par m, m' les mouvements apparents d'ascension droite et de déclinaison en un jour, exprimés respectivement en minutes de temps et minutes d'arc. Toutes ces quantités sont fournies par l'éphéméride.

Soient X, Y, Z les coordonnées géocentriques équatoriales du Soleil

données par la *Connaissance des Temps;* x, y, z les coordonnées héliocentriques de la planète. Les formules connues du calcul des éphémérides donnent

$$\Delta \cos D \cos Æ = X + x,$$
$$\Delta \cos D \sin Æ = Y + y,$$
$$\Delta \sin D = Z + z.$$

Différentions ces équations, en donnant aux coordonnées X, Y, Z le petit accroissement qui correspond au mouvement de la Terre pendant un jour, et laissant la planète fixe, donc x, y, z sans variations, nous obtenons

$$-\Delta \cos D \sin Æ\, dÆ - \Delta \sin D \cos Æ\, dD + \cos D \cos Æ\, d\Delta = X' - X,$$
$$+\Delta \cos D \cos Æ\, dÆ - \Delta \sin D \sin Æ\, dD + \cos D \sin Æ\, d\Delta = Y' - Y,$$
$$+\Delta \cos D\, dD \quad + \sin D\, d\Delta \quad = Z' - Z.$$

X, Y, Z; X', Y', Z', désignent les coordonnées rectangulaires géocentriques du Soleil, prises dans la *Connaissance des Temps* à un jour d'intervalle. Le calcul étant fait pour minuit d'une date de l'éphéméride, on prendra X, Y, Z à midi de cette date et X', Y', Z' à midi du lendemain.

Ces équations nous donnent les variations $dÆ$, dD dues au mouvement de la Terre. En les retranchant du mouvement apparent, nous obtenons les variations dues au mouvement de la planète seule :

$$\delta Æ = m + \frac{(X' - X)\sin Æ - (Y' - Y)\cos Æ}{\Delta \cos D \sin 1^m},$$
$$\delta D = m' + \frac{(X' - X)\cos Æ \sin D + (Y' - Y)\sin Æ \sin D - (Z' - Z)\cos D}{\Delta \sin 1'},$$

les facteurs $\sin 1^m (\log = \bar{3},6398)$ et $\sin 1' (\log = \bar{4},4637)$ ont été introduits pour exprimer les déplacements en minutes de temps et minutes d'arc.

Le rapport des nombres donnés par les deux formules ci-dessus, $\frac{\delta D}{\delta Æ}$, fait connaître la ligne de recherche.

Par ces formules, ou celles de M. Lagrula, on peut déduire facilement la direction de recherche d'une planète des coordonnées géocentriques fournies par son éphéméride. Cependant le travail des observations astronomiques étant par lui-même absorbant et pénible, il est à désirer que ce calcul soit évité aux observateurs. C'est-à-dire que les astronomes qui publient des éphémérides y indiquent la direction de recherche : changement de déclinaison pour chaque accroissement d'une minute en ascension droite. Car ce nombre calculé, comme il est dit ci-dessus, avec les quantités dont ils disposent, n'ajoute qu'un très petit supplément à leurs colonnes de calcul.

ASTRONOMIE. — *Sur un astéroïde à orbite cométaire.* Note de MM. Gonnessiat et Renaux.

Le 31 octobre 1920, M. Baade découvrait, à l'Observatoire de Babelsberg, une planète de 13e grandeur (1920 HZ), à laquelle on reconnut bientôt cette surprenante particularité de se mouvoir sur une orbite très excentrique, à la manière d'une comète. Du 1er décembre 1920 au 2 mars 1921, huit positions de cet astre ont été obtenues avec l'équatorial photographique de l'Observatoire d'Alger; elles ont servi au calcul des éléments provisoires de son mouvement, tels qu'on les voit dans le Tableau suivant :

Époque : 1920 décembre 1,5 (T.M. Greenwich).

Anomalie moyenne	352°.59′. 2″,8	
Longitude du périhélie	77.45.23,3	
Longitude du nœud ascendant	21.18.35,0	1920,0
Inclinaison sur l'écliptique	43. 3.51,9	
Excentricité	0,652575	
Logarithme du demi-grand axe	0,756607	
Distance à l'aphélie	9,436	
Durée d'une révolution	13^a,65	
Constante *g* pour le calcul de la grandeur	10,8	

Voilà certes une orbite cométaire des mieux caractérisées, s'allongeant jusqu'à la distance de Saturne. Par contre, des poses de 20 à 25 minutes n'ont pas fait apparaître la moindre nébulosité autour du noyau; les images, bien *piquées*, ont l'aspect stellaire, tel que le donne une étoile de 14e grandeur. Il ne saurait être question de comète, et c'est bien d'une petite planète qu'il s'agit.

Le cas de cet astéroïde singulier suscite le plus vif intérêt, au double point de vue de la Mécanique céleste et de la Cosmogonie. Une éphéméride a été préparée et publiée qui permettra de la rechercher dès la fin de cette année; mais il ne sera plus alors que de 16e grandeur. Que les Observatoires les mieux outillés fassent tous leurs efforts pour le retrouver. Si l'on ne parvient pas, avec de nouvelles positions, à mieux tracer sa route, il risque de nous échapper et de n'être pas revu, dans 13 ans, à son prochain retour au périhélie.

M. **Charles Richet** présente un livre qu'il a publié en collaboration avec son fils, le Dr Charles Richet, un *Traité de Physiologie médico-chirurgicale* (1 volume de 1500 pages, chez Alcan, 1921).

« Cet Ouvrage est un Traité de Physiologie, conçu sur le même plan que tous les Traités classiques de Physiologie écrits depuis un siècle. Mais il s'en différencie par le développement donné aux déductions médicales et chirurgicales et à la Pathologie expérimentale. Et ce développement était nécessaire. En effet, à l'heure présente, tout médecin doit être très averti sur la Physiologie. Sans Physiologie aucun enseignement médical n'est possible. Les étudiants en médecine et les jeunes médecins ne peuvent se dispenser de cette connaissance des phénomènes biologiques sous peine de ne rien comprendre aux phénomènes morbides. Encore faut-il qu'on leur montre dans un livre didactique quels sont ces étroits liens.

» Si mon fils et moi nous avons entrepris cette tâche difficile, ç'a été en quelque sorte une tradition familiale, puisqu'il y a plus d'un demi-siècle, en 1857, mon père A. Richet avait écrit une Anatomie médico-chirurgicale qui a servi à de nombreuses générations d'étudiants.

» Ainsi la Médecine et la Chirurgie se trouvent par ces deux livres intimement associées aux deux sciences sur lesquelles elles doivent se toujours appuyer, l'Anatomie et la Physiologie. Lorsque l'on dit qu'il y a quelque antagonisme entre la Clinique et la Physiologie, c'est qu'on n'a rien compris ni à la Clinique ni à la Physiologie. »

CORRESPONDANCE.

M. **Georges Perrier** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *Alfred Grandidier*.

M. **R. Anthony** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Anatomie et Zoologie, par le décès de M. *Edmond Perrier*.

MM. **Robert Lasserre** et **André Martin**, *J. Roche*, au nom de l'**École supérieure d'Aéronautique et de construction mécanique**, adressent des remercîments pour la subvention qui leur a été accordée sur la *Fondation Loutreuil*.

M. **René Maire** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Louis Rougier. *La matière et l'énergie selon la théorie de la relativité et la théorie des quanta.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une nouvelle démonstration d'un théorème de M. Picard, et sur quelques généralisations de ce théorème.* Note de M. **B. Déirmendjian.**

Je me propose de montrer comment on peut, pour établir le théorème de M. Picard relatif aux valeurs que prend une fonction uniforme autour d'un point singulier essentiel isolé, utiliser une certaine proposition profonde, exposée dans le Tome 11 des *Acta Mathematica*, et due également à M. Picard. Rappelons-en l'énoncé :

« u et v étant deux fonctions uniformes dans le domaine du point a, supposé être pour ces fonctions point singulier essentiel isolé commun, s'il existe dans le même domaine une relation algébrique entre u et v, *le genre de la relation en question ne peut dépasser l'unité.* »

Pour simplifier l'exposé, prenons le cas très simple d'une fonction entière.

On sait que, pour démontrer le théorème en question, dans le cas des fonctions entières, il suffit de prouver l'impossibilité d'identité de la forme

$$e^{\varphi(z)} + e^{\psi(z)} \equiv 1,$$

où φ et ψ sont des fonctions entières quelconques. Or l'hypothèse de la possibilité d'une telle identité peut se traduire en la suivante :

$$\left(e^{\frac{\varphi(z)}{4}}\right)^4 + \left(e^{\frac{\psi(z)}{4}}\right)^4 \equiv 1.$$

On arrive donc, en ayant égard à la proposition citée plus haut, à cette contradiction, que les coordonnées de la courbe du genre trois, $x^4 + y^4 = 1$, peuvent s'exprimer par deux fonctions uniformes de z, qui admettent le point à l'infini, comme point singulier essentiel isolé commun.

D'une manière générale, on peut démontrer par le même théorème, la proposition suivante, dont je me bornerai simplement à indiquer l'énoncé, car il est facile d'en faire la démonstration en faisant usage des mêmes considérations que nous aurons à employer plus loin :

$f(z)$ étant une fonction entière quelconque, si les deux équations

$$f(z) = \mathrm{P}(z) \quad \text{et} \quad f(z) = \mathrm{Q}(z)$$

ont chacune, dans le domaine du point à l'infini, un nombre *fini* de racines, P et Q étant des fonctions uniformes définies dans le même domaine et telles qu'on puisse trouver deux nombres entiers positifs $n \geqq 4$ et p, de sorte que chaque détermination de $\sqrt[n]{\mathrm{P}(z^p) - \mathrm{Q}(z^p)}$, soit uniforme autour du point $|z| = \infty$, en l'admettant tout au plus comme point singulier isolé, *$f(z)$ doit nécessairement se réduire, suivant les cas, à un polynome ou à une constante.*

Envisageons maintenant, pour passer à une autre considération, une relation algébrique de la forme

$$x^p + y^q = 1, \tag{1}$$

de genre supérieur à l'unité, et remarquons que $\varpi(z)$ désignant un polynome en z, toutes les déterminations de $\sqrt[n]{\varpi(z^{mn})}$, où m et n sont des entiers quelconques, sont uniformes autour du point $|z| = \infty$. Cela posé, $f(z)$ étant une fonction entière différente d'un polynome, on sait, d'après la proposition de Picard, que l'une au moins des équations

$$f(z) = \mathrm{P}(z) \quad \text{et} \quad f(z) = \mathrm{Q}(z), \tag{2}$$

où P et Q sont supposés être, par exemple, pour simplifier le langage, des fonctions rationnelles en z, à une infinité de racines. Je dis qu'on ne peut supposer : 1° que la première des équations (2) ait un nombre fini de racines, et la seconde un nombre fini de multiplicité quelconque, et une infinité de multiplicité multiple de $n \geqq 2$; 2° que la première des mêmes équations, en ait un nombre fini de multiplicité quelconque, et une infinité de multiplicité multiple de p et la seconde, un nombre fini de multiplicité quelconque, et une infinité de multiplicité multiple de q.

La démonstration du premier énoncé se fait de la manière suivante (celle

du second est absolument pareille à la première, avec quelques changements simples) :

En effet, s'il en est ainsi, on aura dans le domaine du point à l'infini

$$(3) \qquad f(z) - P(z) \equiv A(z)\, e^{H(z)} \qquad \text{et} \qquad f(z) - Q(z) \equiv B(z)\, e^{G(z)}\, \Pi^n(z),$$

A et B étant des polynomes et $\Pi(z)$ une fonction uniforme autour du point singulier essentiel isolé $|z| = \infty$, et ayant une infinité de racines au voisinage de ce point. On conclut alors des identités (3), en éliminant $f(z)$, la suivante :

$$\frac{A(z)}{Q(z) - P(z)}\, e^{H(z)} - \frac{B(z)}{Q(z) - P(z)}\, \Pi^n(z)\, e^{G(z)} \equiv 1 ;$$

par suite, si $n \geqq 5$, on pourra y remplacer z par z^{2n} et l'écrire sous la forme

$$\left[\sqrt{\frac{A(z^{2n})}{Q(z^{2n}) - P(z^{2n})}}\, e^{\frac{H(z^{2n})}{2}}\right]^2 - \left[\sqrt[n]{\frac{B(z^{2n})}{Q(z^{2n}) - P(z^{2n})}}\, \Pi(z^{2n})\, e^{\frac{G(z^{2n})}{n}}\right]^n \equiv 1,$$

et, si $n = 4, 3, 2$, y remplacer z par z^{12} et la mettre successivement sous les formes

$$\left[\sqrt[3]{\frac{A(z'^{2})}{Q(z^{12}) - P(z^{12})}}\, e^{\frac{H(z^{12})}{3}}\right]^3 - \left[\sqrt[4]{\frac{B(z^{12})}{Q(z^{12}) - P(z^{12})}}\, \Pi(z^{12})\, e^{\frac{G(z^{12})}{4}}\right]^4 \equiv 1,$$

$$\left[\sqrt[4]{\qquad\qquad}\, e^{\frac{H(z^{12})}{3}}\right]^4 - \left[\sqrt[3]{\qquad\qquad}\, \Pi(z^{12})\, e^{\frac{G(z^{12})}{3}}\right]^3 \equiv 1,$$

$$\left[\sqrt{\qquad\qquad}\, e^{\frac{H(z^{12})}{6}}\right]^6 - \left[\sqrt{\qquad\qquad}\, \Pi(z^{12})\, e^{\frac{G(z^{12})}{2}}\right]^2 \equiv 1,$$

pour arriver aux incompatibilités voulues avec le théoréme énoncé plus haut.

Comme corollaire, on peut dire que pour une fonction entière de la forme $A(z)\, e^{G(z)}\, \Pi^n(z)$, le cas d'exception de Picard est impossible ($n \geqq 2$).

Enfin, en finissant, remarquons que toutes ces propositions, que nous venons d'exposer, sont des cas particuliers d'une suite de théorèmes plus généraux, concernant une fonction uniforme autour d'un point singulier essentiel isolé, qu'on peut démontrer sans difficulté, par la même méthode.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégrale générale des systèmes d'équations aux dérivées partielles des fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur.* Note de M. **J. Kampé de Fériet**, présentée par M. Appell.

I. Toute fonction hypergéométrique d'ordre ω, à deux variables x et y, vérifie [1] un système de deux équations aux dérivées partielles linéaires d'ordre $\omega+1$, qui peut se mettre sous la forme

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} p_{\omega+1,0} &= a_{\omega,1}p_{\omega,1}+\ldots+a_{1,\omega}p_{1,\omega}+\sum_{r+s=0}^{r+s=\omega} a_{r,s}p_{r,s},\\ p_{0,\omega+1} &= b_{\omega,1}p_{\omega,1}+\ldots+b_{1,\omega}p_{1,\omega}+\sum_{r+s=0}^{r+s=\omega} b_{r,s}p_{r,s},\end{aligned}\right.$$

les coefficients a et b étant des fonctions rationnelles de x et y.

Je me propose d'indiquer d'abord une propriété générale des systèmes de cette forme, qui suppose seulement les coefficients a et b tels que la *condition d'intégrabilité*

$$\frac{\partial^{\omega+1}}{\partial y^{\omega+1}}(p_{\omega+1,0})=\frac{\partial^{\omega+1}}{\partial x^{\omega+1}}(p_{0,\omega+1})$$

soit vérifiée identiquement et qu'aucun des ω déterminants $\Delta_1, \Delta_2, \ldots, \Delta_\omega$:

$$\Delta_1=1-a_{1,\omega}b_{\omega,1},\qquad \Delta_2=\Delta_1^2-(a_{2,\omega-1}+a_{1,\omega}b_{1,\omega})(b_{\omega-1,2}+a_{\omega,1}b_{\omega,1}),\qquad \ldots$$

ne soit identiquement nul.

1° *L'intégrale générale du système* (1) *est une combinaison linéaire à coefficients constants de* $(\omega+1)^2$ *intégrales particulières indépendantes, formant un système fondamental*, c'est-à-dire telles que le déterminant d'ordre $(\omega+1)^2$ formé avec ces fonctions et leurs dérivées $p_{j,k}$ jusqu'à $j\leqq\omega$, $k\leqq\omega$, ne soit pas identiquement nul.

2° Soit x_0, y_0 un point où les coefficients a et b sont des fonctions holomorphes de x, y et où les déterminants $\Delta_1, \Delta_2, \ldots, \Delta_\omega$ ne sont pas nuls; *il existe une et une seule intégrale holomorphe de* (1), *prenant en* x_0, y_0 *ainsi que ses dérivées* $p_{j,k}$ *jusqu'à* $j\leqq\omega$, $k\leqq\omega$, *un système de* $(\omega+1)^2$ *valeurs données à l'avance.*

3° Lorsque p des déterminants $\Delta_1, \Delta_2, \ldots, \Delta_\omega$ sont identiquement nuls,

---

[1] *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1634, et t. 173, 1921, p. 285, 401 et 489.

le nombre des intégrales particulières indépendantes dont dépend l'intégrale générale de (1) est diminué de p unités.

Ces trois propositions contiennent, comme cas particuliers, les résultats de M. Appell [1] relatifs aux systèmes de deux équations du second ordre ($\omega = 1$). Elles mettent en évidence une remarquable analogie entre le problème de l'intégration du système (1) et la recherche de l'intégrale générale d'une équation linéaire à une seule variable.

II. Il résulte de l'énoncé précédent que pour déterminer l'intégrale générale du système d'équations aux dérivées partielles de la fonction hypergéométrique d'ordre ω

$$F\left(\begin{array}{c|c|c} \mu & \alpha_1, \ \ldots, \ \alpha_\mu & \\ \nu & \beta_1, \beta'_1, \ \ldots, \beta_\nu, \beta'_\nu & \\ \rho & \gamma_1, \ \ldots, \ \gamma_\rho & x, y \\ \sigma & \delta_1, \delta'_1, \ \ldots, \delta_\sigma, \delta'_\sigma & \end{array}\right) \qquad (\rho + \sigma = \omega),$$

il suffit (dans le cas général) d'en connaître $(\omega + 1)^2$ intégrales particulières. Pour trouver ces intégrales, on fait dans le système de F la substitution $F = x^p y^q F'$ et l'on essaye de déterminer p et q de façon à ramener l'équation en F' au même type que celle de F; lorsque cela est possible, à chaque détermination de p et q correspond ainsi une intégrale particulière de la forme

$$x^p y^q F\left(\begin{array}{c|c|c} \mu & a_1, \ \ldots, \ a_\mu & \\ \nu & b_1, b'_1, \ \ldots, b_\nu, b'_\nu & \\ \rho & c_1, \ \ldots, \ c_\rho & x, y \\ \sigma & d_1, d'_1, \ \ldots, d_\sigma, d'_\sigma & \end{array}\right),$$

les éléments a, b, b', c, d, d' étant des combinaisons linéaires à coefficients entiers des éléments α, β, β', γ, δ, δ'; si γ, δ, δ' ne sont pas des entiers, ces intégrales sont indépendantes. Dans les cas exceptionnels où cette méthode échoue, il est néanmoins possible de déterminer p et q de manière à ramener l'équation en F' au type de l'équation d'une fonction de même ordre ω que F, mais à *indices caractéristiques* différents.

Pour illustrer ces généralités prenons, par exemple, la fonction d'ordre 2 et de classe 2

$$F\left(\begin{array}{c|c|c} 1 & \alpha & \\ 0 & \ldots\ldots\ldots\ldots & \\ 0 & \ldots\ldots\ldots\ldots & x, y \\ 2 & \delta_1, \delta'_1, \delta_2, \delta'_2 & \end{array}\right) = \sum \frac{(\alpha, m+n)}{(\delta_1, m)(\delta'_1, n)(\delta_2, m)(\delta'_2, n)} \frac{x^m y^n}{(1, m)(1, n)}$$

---

[1] P. APPELL, *Journal de Mathématiques*, 3e série, t. 8, 1882, p. 173-216.

que je désignerai pour abréger par $\Phi(\alpha, \delta_1, \delta'_1, \delta_2, \delta'_2, x, y)$; elle vérifie le système

$$(2) \quad \begin{cases} x^2 p_{3,0} + (\delta_1 + \delta_2 + 1)\, x p_{2,0} + (\delta_1 \delta_2 - x)\, p_{1,0} - y p_{0,1} - \alpha p_{0,0} = 0, \\ y^2 p_{0,3} + (\delta'_1 + \delta'_2 + 1)\, y p_{0,2} + (\delta'_1 \delta'_2 - y)\, p_{0,1} - x p_{1,0} - \alpha p_{0,0} = 0, \end{cases}$$

pour lequel $\Delta_1 = \Delta_2 = 1$. Outre la fonction Φ elle-même, on trouve les quatre intégrales particulières

$$x^{1-\delta_1}\Phi(\alpha + 1 - \delta_1,\ 2 - \delta_1,\ \delta'_1,\ \delta_2 + 1 - \delta_1,\ \delta'_2,\ x, y),$$
$$y^{1-\delta'_1}\Phi(\alpha + 1 - \delta'_1,\ \delta_1,\ 2 - \delta'_1,\ \delta_2,\ \delta'_2 + 1 - \delta'_1,\ x, y),$$
$$x^{1-\delta_1} y^{1-\delta'_1}\Phi(\alpha + 2 - \delta_1 - \delta'_1,\ 2 - \delta_1,\ 2 - \delta'_1,\ \delta_2 + 1 - \delta_1,\ \delta'_2 + 1 - \delta'_1,\ x, y),$$
$$x^{1-\delta_1} y^{1-\delta'_2}\Phi(\alpha + 2 - \delta_1 - \delta'_2,\ 2 - \delta_1,\ \delta'_1 + 1 - \delta'_2,\ \delta_2 + 1 - \delta_1,\ 2 - \delta'_2,\ x, y)$$

et les quatre intégrales qui se déduisent de celles-ci, en intervertissant pour les δ le rôle des indices 1 et 2.

L'intégrale générale du système du troisième ordre (2) est une combinaison linéaire de ces neuf intégrales particulières.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries récurrentes et sur des formes homogènes qui s'y rattachent.* Mémoire de M. **A. Lévy**, présentée par M. Appell. (Extrait par l'auteur.)

1° Étant donnée une récurrence, par exemple :

$$u_{n+2} = a u_{n+1} + b u_n + c u_{n-2};$$

on a les relations

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} u_n & u_{n+1} & u_{n+2} \\ u_{n+1} & u_{n+2} & u_{n+3} \\ u_{n+2} & u_{n+3} & u_{n+4} \end{vmatrix} = c^{n-1} \begin{vmatrix} u_1 & u_2 & u_3 \\ u_2 & u_3 & u_4 \\ u_3 & u_4 & u_5 \end{vmatrix};$$

d'une façon générale,

$$\Delta_n^{pq} = \begin{vmatrix} u_n & u_{n+1} & u_{n+2} \\ u_{n+p} & u_{n+p+1} & u_{n+p+2} \\ u_{n+q} & u_{n+q+1} & u_{n+q+2} \end{vmatrix} = c^{n-1} \begin{vmatrix} u_1 & u_2 & u_3 \\ u_p & u_{p+1} & u_{p+2} \\ u_q & u_{q+1} & u_{q+2} \end{vmatrix};$$

tout déterminant à quatre lignes et à quatre colonnes formé par seize termes consécutifs de la récurrence est nul.

Étant donnée une suite de termes obtenus par une récurrence, il est facile de reconnaître à quel ordre appartient cette récurrence.

2° Le déterminant

$$\begin{vmatrix} u_1 & u_2 & u_3 \\ u_2 & u_3 & u_4 \\ u_3 & u_4 & u_5 \end{vmatrix}$$

est une forme homogène du troisième degré des trois variables u_1, u_2, u_3. La récurrence considérée fournit une transformation linéaire qui transforme cette forme en elle-même, ou en elle-même multipliée par un nombre constant.

On peut donner une interprétation de cette forme; soit, par exemple ω une racine de l'équation $x^3 + x + 1 = 0$; la norme d'un nombre algébrique du corps déterminé par ω est une forme homogène et du troisième degré, qui n'est autre que la forme homogène fournie par le déterminant

$$\begin{vmatrix} u_1 & u_2 & u_3 \\ u_2 & u_3 & u_4 \\ u_3 & u_4 & u_5 \end{vmatrix}$$

où l'on remplace u_4 et u_5 en fonction de u_1, u_2, u_3.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur deux nouveaux types d'équations aux dérivées partielles du second ordre et de la première classe.* Note [1] de M. **R. Gosse**, présentée par M. E. Goursat.

Je me suis proposé de résoudre, pour certaines équations particulières, le problème que M. Goursat [2] a résolu pour les équations

$$s = f(x, y, z, p, q).$$

J'ai d'abord démontré qu'il n'existe aucune équation de Monge-Ampère non linéaire qui admette deux invariants du second ordre de même système.

L'étude des équations

$$r + f(x, y, z, p, q, t) = 0 \qquad \left(\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} \neq 0\right)$$

m'a ensuite donné les résultats suivants :

---

(1) Séance du 2 novembre 1921.

(2) *Annales de la Faculté de Toulouse*, 2e série, t. 1, 1899.

1° En faisant l'hypothèse qu'il existe un seul invariant du deuxième ordre pour un des systèmes de caractéristiques, on est conduit aux deux formes d'équation

$$(I) \qquad r + \alpha + \frac{h^2}{3(t+\beta)^3} = 0$$

(et celle qui s'en déduit en permutant x et y),

$$(II) \qquad r + \alpha + \gamma h^2(\operatorname{tang}\theta - \theta) = 0 \qquad \text{avec } t = \beta + \gamma(\cot\theta + \theta).$$

Si l'on suppose l'existence d'un second invariant du même système, on peut affirmer que l'équation étudiée est de la forme (I) ou (II).

2° Une équation de la forme (I) qui admet deux invariants du deuxième ordre de même système se ramène à

$$E_1 \equiv r + z f(x) + \frac{1}{z t^3} = 0.$$

C'est une équation de la première classe qui admet comme invariants les expressions u_1, u_2, v_1, v_2, définies par les relations

$$q = u_1 \chi_1 + u_2 \chi_2, \qquad s + \frac{1}{zt} = u_1 \chi'_1 + u_2 \chi'_2,$$

$$q = v_1 \xi_1 + v_2 \xi_2, \qquad s - \frac{1}{zt} = v_1 \xi'_1 + v_2 \xi'_2,$$

χ_1 et χ_2 vérifiant l'équation

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + y f(x) = 0,$$

ξ_1 et ξ_2 vérifiant l'équation

$$\frac{d^2 y}{dx^2} - y f(x) = 0.$$

3° Une équation (II) qui admet deux invariants du second ordre de même système se ramène à

$$E_2 \equiv r + \operatorname{tang}\theta - \theta = 0 \qquad \text{avec } t = \theta + \cot\theta$$

ou à

$$E_3 = r + z + (1 + y^2)^{\frac{1}{2}}(\operatorname{tang}\theta - \theta)$$

avec

$$t = \frac{\theta + \cot\theta}{(1 + y^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

E_2 a été intégrée par M. de Boer ([1]). E_3 admet comme invariants

$$u_1 = \left[z - qy - \frac{\theta}{(1+y^2)^{\frac{1}{2}}} - s\right]^2 + \left[p - sy - \frac{\theta y}{(1+y^2)^{\frac{1}{2}}} + q\right]^2,$$

$$u_2 = -x + \operatorname{arc\,tang}\left[\frac{z - qy - \dfrac{\theta}{(1+y^2)^{\frac{1}{2}}} - s}{p - sy - \dfrac{\theta y}{(1+y^2)^{\frac{1}{2}}} + q}\right]$$

et

$$v_1 = \left[z - qy - \frac{\theta}{(1+y^2)^{\frac{1}{2}}} + s\right]^2 + \left[p - sy + \frac{\theta y}{(1+y^2)^{\frac{1}{2}}} - q\right]^2;$$

$$v_2 = -x + \operatorname{arc\,tang}\left[\frac{z - qy - \dfrac{\theta y}{(1+y^2)^{\frac{1}{2}}} + s}{p - sy + \dfrac{\theta y}{(1+y^2)^{\frac{1}{2}}} - q}\right].$$

On retombe sur E_2 et E_3 en supposant que (II) admet une involution du second ordre pour chaque système.

Nous avons donc démontré qu'*une équation non linéaire de la forme*

$$r + f(x, y, z, p, q, t) = 0$$

qui admet deux invariants du deuxième ordre se réduit à l'un des types intégrables E_1, E_2 *ou* E_3.

Les équations E_1 et E_3 n'ont, à notre connaissance, jamais été signalées.

MÉCANIQUE. — *Sur les fonctions arbitraires figurant dans le ds^2 de la gravitation einsteinienne.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Painlevé ([2]).

Dans sa récente Communication ([3]), M. Painlevé considère notamment le problème de la gravitation d'un point mobile M sous l'action d'un centre

---

([1]) *Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles*, t. 27, 1894.

([2]) Bien que les résultats de cette Note soient contenus dans celle que je publie aujourd'hui, je crois intéressant de les publier, M. Chazy y étant parvenu de son côté. (Note de M. Painlevé.)

([3]) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 677.

fixe O, et la formule célèbre

$$(1) \qquad ds^2 = \left(1 - \frac{a}{r}\right) dt^2 - \frac{dr^2}{1 - \frac{a}{r}} - r^2\,d\theta^2 - r^2 \sin^2\theta\,d\varphi^2,$$

où r, θ, φ désignent les coordonnées polaires habituelles de pôle O, soit r la distance OM, et où a désigne une constante : il fait observer que les conditions einsteiniennes ne conduisent pas seulement à la formule (1), mais aussi bien à des formules plus générales, dépendant de *deux fonctions arbitraires de la distance* OM.

Les einsteiniens cherchent d'ordinaire une expression du ds^2 ne contenant aucun terme du premier degré en dt, et arrivent [1] à la formule (1), où r désigne non pas nécessairement la distance OM, mais *une fonction arbitraire de cette distance* (supposée définie indépendamment de la théorie de la relativité). Faisons quelques remarques au sujet de cette fonction arbitraire, que nous désignerons par $f(\mathrm{OM})$.

Afin que, quand la distance OM croît indéfiniment, le ds^2 obtenu se réduise au ds^2 euclidien, il faut d'abord que la dérivée $f'(\mathrm{OM})$ et par conséquent le quotient $\frac{f(\mathrm{OM})}{\mathrm{OM}}$ tendent vers l'unité quand OM tend vers l'infini [2].

Les vérifications expérimentales auxquelles on a soumis la formule (1) en prenant pour la fonction $f(\mathrm{OM})$ la distance OM elle-même, subsistent-elles pour d'autres formes de cette fonction? Ces vérifications peuvent-elles conduire à particulariser la fonction $f(\mathrm{OM})$? Effectivement, il est curieux de constater que *les mêmes vérifications sont encore valables pourvu que la fonction $f(\mathrm{OM})$ satisfasse à des conditions physiquement assez larges*. En outre, de notre première hypothèse, admettons que la dérivée $f'(\mathrm{OM})$ soit positive et la fonction $f(\mathrm{OM})$ croissante dans tout le champ d'expérience, c'est-à-dire quand la distance OM varie de la longueur du rayon solaire à l'infini.

Dès lors le calcul de la déviation des rayons lumineux au voisinage du Soleil n'impose aucune condition nouvelle à la fonction $f(\mathrm{OM})$: *pourvu que la dérivée $f'(\mathrm{OM})$ soit positive et tende vers l'unité quand* OM *varie de la longueur du rayon solaire à l'infini, la déviation des rayons lumineux à la*

---

(1) Cf. EDDINGTON, *Espace, Temps et Gravitation*, Paris, Herman, 1921, partie théorique, p. 68-71 ; et LE ROUX, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1227.

(2) Il faut d'ailleurs que la constante a soit égale au double du coefficient d'attraction du point matériel O selon la loi de Newton, donc dans le champ du Soleil qu'elle soit voisine de 3^{km}.

même valeur $\frac{2a}{R}$, R désignant le rayon solaire, et à la constante figurant dans la formule (1).

Avec les deux hypothèses précédentes, le calcul de l'avance du périhélie de Mercure donne encore la même valeur pourvu que la fonction $f(\text{OM})$ soit équivalente à la distance OM dès la distance au Soleil de la planète Mercure : exactement l'écart relatif entre la fonction $f(\text{OM})$ et la distance OM doit être assez petit pour être compensé par les erreurs et par l'écart relatif entre la valeur calculée [pour $f(\text{OM}) = \text{OM}$] de l'avance du périhélie et le résidu de la théorie des planètes selon la loi de Newton.

Considérons encore les deux autres conclusions tirées par les einsteiniens de la formule (1), et dont M. Painlevé conteste la légitimité. Si la fonction $f(\text{OM})$ est croissante, on peut conclure, en raisonnant comme quand cette fonction se réduit à la distance OM, que les vibrations des atomes ont une durée plus longue au voisinage du Soleil qu'à la surface de la Terre. De même enfin, en se rapprochant du Soleil, nos corps solides doivent se raccourcir dans la direction de celui-ci, pourvu que dans la région du déplacement la dérivée $f'(\text{OM})$ soit assez voisine de l'unité.

Il résulte en particulier qu'au point de vue des quatre conséquences considérées de la formule (1), on peut remplacer dans cette formule r soit par la distance OM, soit par les fonctions [1] $\text{OM} \pm a$, $\text{OM}\left(1 + \frac{a}{4\text{OM}}\right)^2$, ...

Enfin, il est facile de déterminer des fonctions croissantes $f(\text{OM})$ telles que, dans les directions perpendiculaires à la direction du Soleil, nos corps solides, en se rapprochant de celui-ci, doivent, selon les mêmes raisonnements, se contracter [$f(\text{OM}) = \text{OM} + a$] ou se dilater [$f(\text{OM}) = \text{OM} - a$].

MÉTALLURGIE. — *Machines d'essais, donnant la limite élastique et le module d'élasticité des métaux.* Note de M. **R. Guillery**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les machines d'essais, en général, et plus spécialement les machines à la traction, donnent dans certains cas une indication approximative de la limite élastique, mais négligent le module d'élasticité.

Les dispositifs permettant l'examen de la limite élastique sont toujours d'un fonctionnement délicat et, sur les seuls aciers recuits ou revenus, permettent d'apprécier la fin des allongements proportionnels.

---

(1) Cf. Eddington, *loc. cit.*, p. 255, et partie théorique, p. 79.

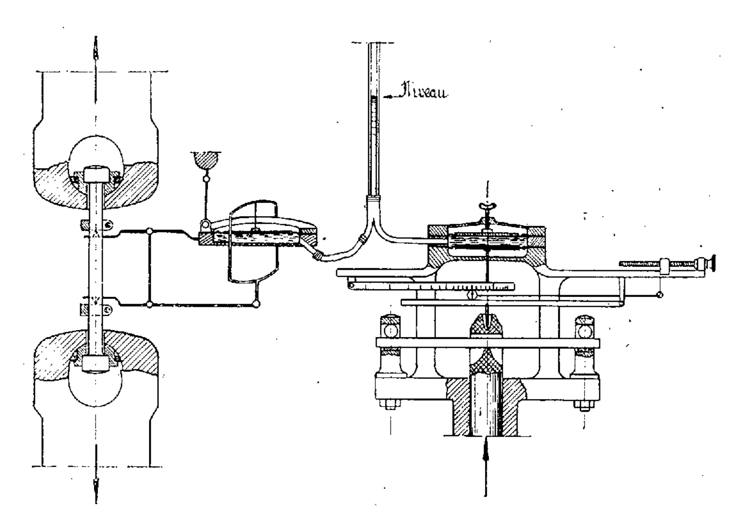
Un nouveau procédé assez simple, réalisé par un mécanisme commode à manœuvrer, permet de déterminer la limite d'élasticité, même pour les aciers trempés, c'est-à-dire ceux dont le palier n'existe pas, et de déterminer, en outre, le module d'élasticité.

On peut imaginer la représentation graphique d'un essai de traction dans laquelle représentation les échelles des allongements et les échelles des charges sont choisies pour que la partie droite de la courbe, partie qui correspond à la déformation élastique, soit inclinée à 45° sur les axes de coordonnées, c'est-à-dire pour que, dans cette période, on ait $x = y$.

Dans ce procédé, les allongements X sont donnés par une échelle fixe; leur représentation les amplifie environ 2000 fois.

Les charges Y, au contraire, sont représentées par une échelle variable au gré de l'opérateur, de sorte que le mécanisme permet de régler l'échelle des charges pour que, dans la période d'élasticité, on ait $X = Y$.

Ainsi que le montre la figure schématique ci-dessous, les allongements



sont transmis, par un quadrilatère double articulé, à la paroi mobile d'une chambre contenant de l'eau; les variations de volume sont accusées par le niveau, dans un tube en communication avec cette chambre, et les sections de la paroi mobile et du tube sont telles que ce niveau descend dans ce tube environ 2000 fois les allongements.

Les charges agissent sur un piston sans frottement qui appuie sur un ressort dont les flèches sont proportionnelles aux charges. Ces flèches sont, par des leviers et un galet interposé, transmises à la paroi mobile d'une

deuxième chambre d'eau et en communication avec le tube de la première. La charge, en montant, fait monter le niveau dans le tube.

Cette deuxième chambre porte, en outre, une autre paroi mobile, réglable à la main, pour amener le niveau au point voulu.

Le déplacement horizontal du galet réduit ou augmente le mouvement des charges transmis à la paroi mobile de la deuxième chambre tout en lui gardant la proportionnalité; c'est l'échelle variable des charges qui permet d'obtenir, en tâtonnant, $X = Y$, c'est-à-dire le niveau constant dans le tube pendant l'ascension de la charge sur le barreau.

La position horizontale du galet définit le module d'élasticité si les divers barreaux à essayer ont la même section ou, s'ils n'ont pas la même section, une variation de l'échelle des allongements a préalablement opéré la correction nécessaire.

Fonctionnement. — Le barreau étant mis en place avec ses touches à distance fixe, on règle à la main le niveau à une hauteur convenable dans le tube. On donne alors une certaine pression qui indique si le niveau monte ou descend; on retire la charge et l'on déplace le galet dans le sens qu'a indiqué le premier essai et, après deux ou trois tâtonnements, le niveau reste constant. La position du galet sur l'échelle du levier donne le module d'élasticité.

On pousse alors l'essai jusqu'au moment où le niveau commence à descendre. C'est la limite élastique et la pression manométrique l'indique.

Une machine à flexion, basée sur le même principe, donne des résultats également intéressants.

Le but de ce dispositif est la détermination de la puissance vive élastique des métaux, c'est-à-dire la propriété qu'a un métal d'absorber une quantité plus ou moins grande de travail, avant de dépasser sa limite élastique. Cette puissance vive élastique est directement proportionnelle au carré de la limite élastique et inversement proportionnelle au module d'élasticité.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie de la gravitation dans l'espace à deux dimensions.* Note de M. **K. Ogura**, présentée par M. Émile Borel.

Pour étudier l'orbite supposée *plane* d'une planète, nous n'avons besoin de considérer que l'espace à deux dimensions, le temps étant ajouté comme troisième dimension. Soit

$$ds^2 = -\lambda^2(x_1)\,dx_1^2 - x_1^2\,dx_2^2 + f^2(x_1)\,dt^2$$

l'élément linéaire de l'espace-temps à trois dimensions. Je vais démontrer, dans cette Note, que l'*on peut déduire la forme de Schwarzschild-Eddington en tenant compte des conditions suivantes* (au lieu de la loi de gravitation d'Einstein) :

1° *La courbure scalaire* G *de l'espace-temps à trois dimensions est nulle* (¹).

2° *L'espace-temps à trois dimensions est euclidien à l'infini* (²).

3° *Le rapport de la courbure totale* K *de l'espace à deux dimensions ayant l'élément linéaire*

$$d\sigma^2 = \lambda^2(x_1)\,dx_1^2 + x_1^2\,dx_2^2$$

avec la courbure géodésique $\frac{1}{\rho}$ (³) *du rayon lumineux est constant.*

En effet, de la condition 1° nous tirons

$$x_1 \frac{d}{dx_1}\left(\frac{1}{\lambda}\frac{df}{dx_1}\right) + \frac{d}{dx_1}\left(\frac{f}{\lambda}\right) = 0. \tag{1}$$

En appliquant le principe de Fermat sur $ds = 0$, il vient

$$\delta\int dt = \delta\int \frac{1}{f(x_1)}\sqrt{\lambda^2(x_1) + x_1^2\left(\frac{dx_2}{dx_1}\right)^2}\,dx_1 = 0,$$

d'où nous obtenons l'équation du rayon lumineux

$$a\lambda f\,dx_1 \pm \sqrt{x_1^4 - a^2 x_1^2 f^2}\,dx_2 = 0,$$

a étant une constante. Par conséquent, la formule de Bonnet nous donne

$$\frac{1}{\rho} = -\frac{a}{x_1\lambda}\frac{df}{dx_1}.$$

Puisque l'on a

$$K = -\frac{1}{x_1\lambda}\frac{d}{dx_1}\left(\frac{1}{\lambda}\right),$$

(¹) S'il y a de la matière continue avec la densité μ, nous poserons

$$G = 4\pi\mu.$$

(²) Plus précisément,

$$\lim_{x_1=\infty}\lambda(x_1) = 1, \qquad \lim_{x_1=\infty} f(x_1) = 1.$$

(Voir LAUE, *Relativitätstheorie*, t. 2, 1921, p. 179.)

(³) Pour la définition de la courbure géodésique n'empruntant que les longueurs dans l'espace à deux dimensions, voir DARBOUX, *Théorie des surfaces*, t. 3, p. 115.

nous tirons, de la condition 3°, la relation

$$f = \frac{b}{\lambda} + c, \tag{2}$$

b et c étant des constantes.

D'après la condition 2°, nous pouvons écrire

$$\frac{1}{\lambda} = 1 + \frac{a_1}{x_1} + \frac{a_2}{x_1^2} + \ldots, \qquad f = 1 + \frac{b_1}{x_1} + \frac{b_2}{x_1^2} + \ldots, \tag{3}$$

$a_1, a_2, \ldots, b_1, b_2, \ldots$ étant des constantes.

De (2) et (3) nous tirons

$$b + c = 1; \qquad b_1 = a_1 b, \qquad b_2 = a_2 b, \qquad b_3 = a_3 b, \qquad \ldots; \tag{4}$$

et de (1) et (3)

$$\frac{b_1 - a_1}{x_1^2} + \frac{4b_2 + a_1 b_1 - 2a_2}{x_1^3} + \ldots = 0,$$

d'où

$$b_1 = a_1. \tag{5}$$

Donc nous obtenons

$$b = 1, \qquad c = 0; \qquad b_1 = a_1, \qquad b_2 = a_2, \qquad b_3 = a_3, \qquad \ldots;$$

par conséquent

$$f = \frac{1}{\lambda}, \tag{6}$$

et l'équation (1) devient

$$\frac{x_1}{2} \frac{d^2(f^2)}{dx_1^2} + \frac{d(f^2)}{dx_1} = 0,$$

d'où nous déduisons

$$f^2 = n - \frac{2m}{x_1} \qquad (m, n \text{ étant des constantes}).$$

Comme la constante n doit être égale à 1, nous avons

$$ds^2 = -\frac{dx_1^2}{1 - \dfrac{2m}{x_1}} - x_1^2\, dx_2^2 + \left(1 - \frac{2m}{x_1}\right) dt^2,$$

c'est-à-dire la forme de Schwarzschild-Eddington.

ÉLECTRICITÉ. — *Recherches sur les courants vagabonds*. Note de MM. **James Chappuis** et **Hubert-Desprez**, présentée par M. Deslandres.

I. Les courants vagabonds sont des courants dérivés dans le sol provoqués par les défauts d'isolement des réseaux de distribution d'énergie électrique et, en particulier, à Paris, des réseaux de transport en commun qui emploient du courant continu à 550 volts. Ces courants vagabonds suivent, pour faire retour à l'usine où se trouve la génératrice, les canalisations souterraines de gaz, d'eau et d'air comprimé, qui peuvent leur offrir un chemin de moindre résistance. En quittant ces conduites métalliques, les courants y causent de graves dégâts; ils entraînent en effet le métal et déterminent des perforations à travers lesquelles les fluides contenus dans les canalisations peuvent s'échapper.

Il n'existe jusqu'ici, à notre connaissance, aucune méthode précise permettant de reconnaître indiscutablement la machine qui a donné naissance au courant vagabond, et cependant la solution de ce problème présenterait un intérêt non seulement au sujet de la recherche des responsabilités, mais aussi parce que, connaissant la source du mal, on pourrait y porter remède en vérifiant les isolements dont la défectuosité serait ainsi nettement signalée. Nous avons entrepris sur ce sujet, au Laboratoire d'Électricité de la Société du Gaz de Paris, des expériences dont nous donnons les premiers résultats.

II. Quand on recueille un courant vagabond dans le circuit d'un écouteur téléphonique ordinaire, par l'intermédiaire d'un transformateur, on entend un bruit de friture dans lequel, avec un peu d'attention, on peut discerner des sons divers correspondant ou aux variations brusques d'intensité du courant employé par les moteurs du tramway ou aux variations de vitesse du moteur. Cette première expérience nous a donné l'idée de chercher à sélectionner le son produit par les balais sur le collecteur de la génératrice à l'usine.

Il se produit, en effet, pendant la rotation de cette machine, un phénomène mécanique périodique résultant du frottement des balais sur les lames de cuivre et sur les isolants qui les séparent; on entend devant la machine un son dont le nombre de vibrations N est le produit du nombre des lames du collecteur par le nombre de tours de la machine à la seconde. Mais on sait qu'il se produit en même temps, dans le courant donné par la dynamo, de faibles ondulations dont le nombre est aussi égal à N. Ces ondu-

lations produisent au téléphone un son qui doit faire partie du bruit de friture perçu avec le courant vagabond.

En recevant ce courant ondulatoire dans un dispositif téléphonique comprenant un amplificateur à résonance, construit spécialement pour que les vibrations de la self et de la capacité permettent de réaliser la syntonie pour des fréquences de 100 à 4000, on arrive à entendre le son de N vibrations de la machine génératrice et à l'isoler du bruit général de friture.

Nous avons opéré sur deux machines S_1, S_2 caractérisées par des nombres $N_1 = 928$ et $N_2 = 3240$, nous avons provoqué des pertes à la terre et recueilli les courants vagabonds correspondants dans lesquels nous avons reconnu, à l'écouteur, les sons N_1, N_2, dont nous avons déterminé les valeurs numériques par une méthode spéciale comportant un enregistrement graphique. L'expérience montre donc qu'il y a dans cette première méthode une solution du problème de la recherche de la source des courants vagabonds. Mais cette solution nous a paru insuffisante parce qu'il existe certainement sur les réseaux de Paris un très grand nombre de génératrices pour lesquelles les nombres N diffèrent assez peu les uns des autres, de sorte qu'une confusion soit possible.

III. Nous avons alors, à la suite des résultats satisfaisants de ces premières recherches, pensé qu'il serait possible de superposer au courant principal de la génératrice des perturbations d'ordre électrique, qui devraient être du même ordre de grandeur que ces ondulations, de façon qu'on puisse les recueillir dans le dispositif téléphonique récepteur aussi facilement que le son N.

A cet effet, nous avons employé une lampe d'émission à trois électrodes dont le circuit plaque se trouve en dérivation aux bornes de la machine de l'usine tandis que la grille reçoit, par l'intermédiaire d'un transformateur, des courants provenant soit d'un manipulateur Morse, ou, de préférence, d'un microphone. En réglant comme il convient les divers circuits de la lampe, les perturbations causées par des variations de potentiel de la grille déterminent dans le courant plaque des variations d'intensité qui se retrouvent dans le circuit principal de la machine et dans toutes ses dérivations, et, en particulier, dans celles qui constituent les courants vagabonds. En produisant à volonté des courants vagabonds de très faible intensité avec les machines S_1 ou S_2 nous avons pu entendre les signaux Morse, un sifflet et enfin la parole; l'application du dispositif d'émission n'a donné de résultat positif que sur celle des deux machines qui provoquait le courant vagabond. Ce dispositif permet donc de reconnaître et de signaler toute génératrice source de courant vagabond.

ÉLECTRICITÉ. — *Variation avec le temps des pressions créées, au sein de fluides isolants, par un champ électrostatique constant.* Note de M. **L. Bouchet**, présentée par M. E. Bouty.

Quincke [1] a, le premier, mis en évidence l'existence de la résultante de pressions s'exerçant à l'intérieur d'un liquide isolant et d'un gaz. En utilisant le dispositif suivant, j'ai recherché si ces pressions sont bien définies.

Le liquide soumis à l'influence du champ est contenu dans une cuve rectangulaire, à base horizontale, dont deux des faces latérales opposées sont des plaques métalliques bien planes et épaisses, formant les armatures d'un condensateur, tandis que les deux autres sont deux lames minces de verre interposées de champ entre les armatures et collées à celles-ci avec de la gomme-laque. Enfin, le fond de la cuve est une lame de mica percée en son centre d'une petite ouverture qui met en communication la cuve avec un tube capillaire vertical, par l'intermédiaire d'un tube de verre deux fois recourbé.

Les liquides isolants employés étaient versés dans la cuve de façon à s'élever environ à mi-hauteur des armatures. Lorsqu'on établit le champ, les liquides s'élèvent entre les armatures et baissent dans le tube capillaire, par suite de la différence entre les pressions $\frac{KH^2}{8\pi}$ et $\frac{H^2}{8\pi}$ s'exerçant de part et d'autre de la surface de séparation, des liquides et de l'air dans la cuve (hypothèse de Maxwell). Cet excès de pression est pratiquement équilibré par la dénivellation h, dans le tube capillaire. D'où la relation

$$\frac{KH^2}{8\pi} - \frac{H^2}{8\pi} = hgd,$$

dans laquelle g est l'accélération de la pesanteur, d la masse spécifique du liquide.

A un champ constant doit donc correspondre une dénivellation parfaitement déterminée. Or, avec des champs constants, compris entre 3000 et 6000 volts-cm, brusquement établis, et observant, à divers instants après l'imposition du champ, les dénivellations avec un microscope muni d'un micromètre oculaire, j'ai constaté les faits suivants :

1° En observant dans l'intervalle 5-60 secondes, les dénivellations, croissantes pour le xylène, l'hexane et l'huile de vaseline, sont décroissantes

(1) *Wied. Ann.*, t. 19, p. 705, et *J. Ph.*, 3e série, t. 3, p. 97.

pour la benzine, l'essence de térébenthine et le limonène; 2° dans le même intervalle de temps, les variations des dénivellations, faibles mais systématiques, étaient de 2 à 3 pour 100 avec la benzine et le limonène, à peine de 1,5 pour 100 avec le xylène, notablement plus grandes avec l'essence de térébenthine et l'huile de vaseline; avec ce dernier liquide, elles atteignaient 25 pour 100; 3° après une durée de charge de 60 secondes, les variations ne pouvaient s'apprécier avec les liquides autres que l'essence de térébenthine, l'hexane et l'huile de vaseline; 4° enfin, en inversant le champ, le condensateur ayant été chargé pendant 60 secondes, on observait, pour tous les liquides, un effet dynamique croissant brusquement et dérivé d'une décroissance.

Ces nouveaux résultats peuvent contribuer à interpréter les effets lents que j'ai (1) obervés, en étudiant les déformations des isolants solides hétérogènes, dans une direction normale au champ.

a. Pour rendre compte des effets dynamiques, de sens opposés, on pourrait admettre que les dénivellations croissent, pour tous les liquides, dès le début de la charge, passent par un maximum puis décroissent : pour les liquides dont les dénivellations décroissent, la période de croissance s'effectuerait dans un temps très court, tel que les variations échapperaient aux observations; quant à ceux pour lesquels les variations sont croissantes, la charge n'aurait pas été suffisamment prolongée pour permettre de déceler la période de décroissance.

b. On peut tenter une autre interprétation en attribuant les effets dynamiques à une *conductivité* des isolants liquides : les dénivellations croissantes correspondraient à un accroissement de la *conductivité*, tandis que les dénivellations décroissantes seraient connexes d'une diminution de la *conductivité*. Cette dernière interprétation me paraît la plus vraisemblable, car j'ai (2) constaté autrefois, sur l'huile de paraffine, tantôt une augmentation, tantôt une diminution de la *conductivité*, suivant l'intensité du champ; de plus, j'ai observé un accroissement de la *conductivité* par inversion du champ.

L'utilisation de champ alternatif, 42 périodes par seconde, de même intensité que les champs constants, m'a permis d'obtenir, après 5 secondes de charge, des dénivellations invariables dont la constance s'est maintenue pendant 60 secondes, durée des observations.

---

(1) *Thèse*, Paris, novembre 1919.
(2) *J. Ph.*, 4e série, t. 8, p. 665.

D'après la relation ci-dessus, et en employant les résultats relatifs aux champs alternatifs, j'ai calculé les pouvoirs inducteurs spécifiques des liquides désignés ci-dessus. La distance des armatures étant de $3^{mm},12$ et les différences de potentiel oscillant entre 1600 et 1800 volts, les calculs numériques ont fourni les résultats ci-dessous :

Liquides.	Températures.	Densités.	Pouvoirs inducteurs spécifiques.
Xylène	30°	0,852	2,40
Benzine	24,5	0,877	2,31
Hexane	28,5	0,678	1,96
Essence de térébenthine	25	0,867	2,28
Limonène	24	0,878	2,23
Huile de vaseline	26	0,866	2,12

Il est donc possible, comme Fortin (¹) et d'autres encore l'ont proposé, de mesurer, par ce procédé, les pouvoirs inducteurs spécifiques des liquides; mais il m'a paru utile de signaler ces variations avec le temps, qu'il faut éliminer si l'on veut en tirer des résultats ayant quelque précision.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les propriétés oxydantes de certains éléments radioactifs.* — Note de MM. **Pierre Lemay** et **Léon Jaloustre**, présentée par M. G. Urbain.

On sait que les rayons α du radium transforment l'oxygène en ozone, ainsi que l'ont vu Demarçay, puis M. et Mme Pierre Curie.

Il était intéressant de se demander si les éléments radioactifs pouvaient provoquer certains phénomènes d'oxydation soit par l'intermédiaire de la transformation de l'oxygène du milieu oxydable en ozone, soit peut-être en intervenant à la manière des oxydases naturelles ou artificielles.

Nous avons étudié à ce point de vue : les bromures de mésothorium, de radiothorium, de thorium X et de radium.

Dans une première série d'expériences, le sel radioactif était mélangé intimement au milieu oxydable. Dans une seconde série d'expériences, l'ampoule de verre contenant le corps radioactif était placée au sein de la solution à oxyder.

(¹) *Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 576.

Nous tenons à préciser que le mésothorium employé était du mésothorium commercial contenant du mésothorium 1 et toute la série de ses produits de désintégration en équilibre avec lui, et de plus une certaine quantité de radium, cette dernière représentant environ 25 pour 100 de l'activité γ totale.

Dans les expériences, les bromures de mésothorium, de radiothorium, de thorium X et de radium se sont révélés comme de puissants catalyseurs d'oxydation, à condition toutefois qu'ils soient en mélange intime avec le milieu oxydable. On pourrait penser que les éléments radioactifs interviennent dans le processus d'oxydation par l'intermédiaire de l'ozone qui prendrait naissance par leur action sur l'oxygène dissous. Mais il est à remarquer que ces éléments n'agissent pas sur l'iodure de potassium en milieu neutre, pour les doses et les temps mis en action et indiqués plus loin; ils agissent seulement sur l'iodure de potassium en milieu acide. Il s'agit donc d'un mode d'intervention différent.

A. *Action des bromures de mésothorium, de radiothorium, de thorium X et de radium sur l'hydroquinone.* — Les expériences faites à la température du laboratoire, 20° environ, et comparativement avec un tube témoin, ont montré qu'alors que le tube témoin restait incolore, les tubes radioactivés brunissaient rapidement et que l'oxydation était d'autant plus grande que la quantité de substance radioactive ajoutée était plus importante, et était indépendante de la nature de cette dernière pour les doses expérimentées ($\frac{1}{500}$ de microgramme à 50 microgrammes).

B. *Action des bromures de mésothorium, de radiothorium, de thorium X et de radium sur la teinture de résine de Gaïac.* — Ces corps bleuissent la teinture de Gaïac à la façon des aéroxydases, c'est-à-dire sans le secours de l'eau oxygénée, et cette action donne lieu aux mêmes remarques que pour celle constatée avec l'hydroquinone.

C. *Action des bromures de mésothorium, de radiothorium, de thorium X et de radium sur les sels ferreux.* — Ces corps font passer rapidement les sels ferreux à l'état de sels ferriques.

D. *Action des bromures de mésothorium, de radiothorium, de thorium X et de radium sur l'iodure de potassium en solution neutre ou acide.* — En milieu neutre, nous n'avons observé aucune action. En milieu acide, il y a mise en liberté d'iode, et la quantité d'iode mise en liberté est d'autant plus grande que la quantité de substance radioactive ajoutée est plus grande. Elle est indépendante de la nature de celle-ci pour les doses expérimentées, ainsi qu'il résulte des exemples suivants :

	Témoin.	Tube radioactivé au : méso-thorium.	ra-dium.	radio-thorium.	thorum X.
Iodure de potassium........	0g,50	0g,50	0g,50	0g,50	0g,50
Eau distillée................	25^{cm^3}	25^{cm^3}	25^{cm^3}	25^{cm^3}	25^{cm^3}
Acide chlorhydrique normal.	5^{cm^3}	5^{cm^3}	5^{cm^3}	5^{cm^3}	5^{cm^3}

	Tube témoin.	Tube radioactivé au : radium.	méso-thorium.	radio-thorium.	thorium X.
Bromure de mésothorium....	néant	néant	2 micros	néant	néant
» de radiothorium...	néant	néant	néant	2 micros	néant
» de thorium X......	néant	néant	néant	néant	2 micros
» de radium.........	néant	2 micros	néant	néant	néant
Iode libéré en 24 heures.....	0,0007	0,0011	0,0011	0,0010	0,0011

	Tube témoin.	Tube radioactivé.
Iodure de potassium..............	0g,50	0g,50
Eau distillée......................	25^{cm^3}	25^{cm^3}
Acide chlorhydrique normal........	5^{cm^3}	5^{cm^3}
Bromure de thorium X............	néant	65 micros
Iode libéré en 24 heures...........	0,0019	0,0220

E. *Action des bromures de mésothorium, de radiothorium, de thorium X et de radium au travers d'une ampoule de verre.* — Nous avons essayé de répéter les diverses réactions précédentes en immergeant simplement au sein des solutions oxydables des ampoules de verre contenant chacune l'un des corps radioactifs. Dans les divers essais, nous n'avons constaté aucune action oxydante du seul rayonnement capable de sortir des ampoules de verre, c'est-à-dire du rayonnement β et γ.

Il faut donc conclure de ces résultats que les éléments radioactifs expérimentés sont des catalyseurs d'oxydation, que cette action est indépendante de la formation d'ozone, qu'elle est due très vraisemblablement au rayonnement α et que, pour les faibles quantités employées, elle est la même pour les quatre éléments.

GÉOLOGIE. — *Sur le Plomb du Cantal, grand volcan autonome couvrant près du tiers du Massif Cantalien.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Le Plomb du Cantal (1858m d'altitude) est cette montagne couronnée d'une petite éminence basaltique qui domine tout le Massif Cantalien, et

plus directement, à l'Ouest, la vallée, surtout glaciaire, de la Cère. Du Plomb ou de son voisinage, irradient vers le Sud, l'Est et le Nord-Est, de multiples vallées (Goul, Seniq, Brezons, Epic, Ander, etc.), en partie glaciaires également, qui s'encaissent de plus en plus dans la masse volcanique, puis dans son substratum oligocène et archéo-granitique, en drainant, vers l'Alagnon et surtout vers la Truyère, un territoire volcanique dont les limites sont jalonnées par Neussargues, Saint-Flour, Pierrefort, Mur de Barrez et Carlat.

Cette région était considérée jusqu'ici comme représentant un secteur du grand Volcan Cantalien à *cratère unique*. La butte de basalte qui coiffe le Plomb n'était, dans cet ordre d'idées, qu'un *fragment de coulée* issue du gigantesque cratère et les coulées andésitiques qui lui servent de substratum immédiat avaient la même origine.

Mes observations conduisent à une conception très différente sur la genèse et la constitution de cette région.

Et d'abord, le Plomb proprement dit, c'est-à-dire le chapeau de basalte à titanomagnétite de 35^m de haut et de 125^m de large, qui aurait, dans l'hypothèse précitée, joué un *rôle secondaire* au point de vue géologique, car il ne paraissait *pas enraciné*, représente, au contraire, le *sommet actuel d'une colonne verticale de lave*, remplissant une partie de la cheminée (*neck*) d'un grand volcan dont le cône de scories, de plusieurs centaines de mètres de haut, a été complètement emporté par l'érosion. C'est là un fait fréquent dans les vieilles régions volcaniques, particulièrement dans le Massif Central, et le *culot éruptif* formant sommet du Plomb rappelle singulièrement, à tous égards, le piton de la Banne d'Ordanche dans les Monts Dore.

De cette même cheminée, située très près de l'un des bords et sur la partie la plus élevée de la région précédemment définie, était sortie, antérieurement au basalte, une accumulation de coulées surtout andésitiques, alternant avec des projections régulières ou des brèches variées, *formations convergeant* toutes à la base du Plomb et se *rebroussant vers lui*.

Il n'est donc pas douteux qu'elles provenaient d'une *importante cheminée située en ce point, excentrique* et culminant toute la région volcanique définie plus haut. *Cette grande excentricité de la bouche éruptive, par rapport au territoire de laves* et de projections qui en sont issues, ressemble beaucoup à celle de la Banne d'Ordanche, et elle est due également à une cause analogue : à la proximité, vers l'Ouest, d'un autre centre éruptif, situé au delà du cirque des Gardes et du Lioran, qui, par son voisinage immédiat, empêchait les laves de s'écouler de ce côté et leur *imposait un déversement* vers

l'Est, le Nord et le Sud. Ainsi s'explique la dissymétrie du cratère par rapport à ses laves et les caractères topographiques et hydrologiques déjà signalés.

Est-ce à dire que toutes les coulées, les brèches et les projections de la masse volcanique : Le Plomb, Saint-Flour, Mur de Barrez, sont issues de ce centre unique? Il n'en est rien.

Déjà M. Boule avait signalé dans la Planèze de Saint-Flour des restes multiples de petits volcans, réduits aujourd'hui à un culot éruptif. Mais le fait est général, car sur toute la surface, il existe de semblables restes représentant des *volcans secondaires* édifiés sur les flancs du volcan dn Plomb, ainsi que le sont les volcans secondaires qui se dressent sur les flancs de l'Etna, par exemple; chacun d'eux ayant fourni, dans le Cantal, une ou plusieurs coulées d'andésite, de trachy-andésite, de labradorite et de basalte, *plus ou moins coalescentes* avec celles des volcans voisins. C'est là d'ailleurs le mécanisme ordinaire suivant lequel se constitue la masse éruptive d'un grand volcan. Et la part qui revient à la *bouche principale* est parfois assez faible par rapport à celle qui est issue des bouches des volcans secondaires. J'ai montré combien ce fait était frappant dans les Monts Dore.

Le vaste champ de laves et de cônes éruptifs, formant les Planèzes, d'une superficie de plus de 400^{km^2}, fut, à plusieurs époques, recouvert de glaciers qui rabotèrent sa surface et, avec les torrents et les eaux de ruissellement, *remblayèrent* en partie de leurs produits les parties basses, les dépressions comprises entre les coulées des volcans secondaires, ce qui amena une sorte de nivellement général du territoire, dont l'origine est diverse, ainsi que le constate M. Boule.

Mais la constitution géologique des Planèzes est loin d'être uniforme et uniquement basaltique, comme on le croyait, car en dehors des parties volcaniques comprenant aussi des andésites, des andési-labradorites, des labradorites en relief, un tiers environ de la surface actuelle est constituée par d'anciennes tourbières, passant à des sols tourbeux, où des parties aplanies, marécageuses, ayant pour substratum des produits glaciaires, torrentiels ou de ruissellement.

D'autre part, si l'on envisage les abords élevés du Plomb qui comprennent du Sud au Nord : les Puys de la Croix, Brunet, Cantalou, du Rocher et du Peyroux (altitude de 1600^m à 1830^m), formant une crête montagneuse au-dessus de Saint-Jacques et du Lioran, c'est-à-dire des vallées de la Cère et de l'Alagnon, on constate qu'ils sont formés à la partie supérieure par un empilement de coulées surtout andésitiques et trachy-

andésitiques alternant régulièrement avec des projections sur près de 400^m de haut et sont couronnés au Sud par des coulées de basalte avec pendage vers le Sud, l'Est et le Nord. Cependant qu'à leur base entre 1200^m et 1450^m affleurent dans le Cirque des Gardes de nombreux filons et coulées de basalte, d'andésite, de trachy-andésite et de trachy-phonolite, isolés par l'érosion.

J'ai relevé une série de douze coulées épaisses de trachy-andésite et d'andésite formant une série de ressauts et d'escarpements pittoresques depuis le Plomb au Puy du Rocher, jusqu'à Albepierre. Mais il existe des séries pétrographiques plus complètes au Puy de Prat-de-Bouc (10 coulées) où l'on observe parmi les andésites des intercalations de téphrite, basalte et d'andési-labradorite.

De ces données sommaires il résulte que le volcan du Plomb du Cantal constitue un grand *édifice autonome*, complexe, dont le centre *éruptif principal* avait une position *très excentrique* et *asymétrique* par rapport à ses coulées qui, de même que celles des volcans secondaires, s'étaient déversées principalement à l'Est, au Sud et au Nord, vers d'anciennes dépressions oligocènes effondrées.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité des sources de la région de Bagnoles-de-l'Orne.* Note de M. **P. Loisel**, présentée par M. Daniel Berthelot.

J'ai étudié, l'an dernier, la radioactivité des deux sources de Bagnoles-de-l'Orne utilisées au point de vue thérapeutique, la Grande Source et la Source des Fées, et j'ai montré que leur radioactivité, assez notable, subissait des variations importantes en rapport avec les chutes de pluie, ce qui permettait de prévoir la situation superficielle des terrains auxquels ces sources empruntent leurs émanations ([1]).

Je me suis proposé, cette année, d'étudier les sources voisines, cherchant à me rendre compte s'il existe une relation entre la radioactivité des sources et la nature géologique des terrains dans lesquelles elles émergent.

Les sources étudiées doivent être divisées en deux groupes, un premier groupe comprenant les sources situées aux environs immédiats des sources minérales, un second à 3^{km} au sud-est du premier.

([1]) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 858. La technique expérimentale est décrite dans cette dernière Note. Les nombres donnés alors sont trop faibles à cause d'une erreur d'étalonnage et doivent être augmentés des $\frac{1}{10}$ de leur valeur.

Les sources de l'un et l'autre groupe ont été étudiées à deux reprises, la première en juillet, la seconde en octobre; les valeurs données sont des valeurs moyennes, car la radioactivité présente des variations.

Nom de la source.	Nature du terrain.	Quantité d'émanation dissoute en millimicrocuries par litre. Juillet.	Octobre.
Premier groupe (groupe de Bagnoles).			
Source du Bézier....	Grès de May	0,70	0,21
Source des Fées.....	Grès arénigien	1,77	1,29
Grande Source......	Grès arénigien	0,98	1,00
Puits Joly..........	Granit	0,54	0,72
Source Desnos......	Limite du granit et du grès	3,10	2,78
Deuxième groupe (groupe de Lignou).			
Source du Viel-Être..	Granit	0,75	tarie
Source de Lignou....	Schistes micacés	1,15	0

Nous voyons d'abord que les sources étudiées sont toutes radioactives, mais à des degrés différents. L'inspection du Tableau ci-dessus permet d'en former deux classes. La première classe comprend les sources à radioactivité permanente (Desnos, Fées, Grande Source, Joly). Ces sources proviennent toutes du granit, traversant ou non le grès arénigien. Pas plus que leur radioactivité, leur débit n'a subi, au cours de cet été, de variations sensibles.

Les sources constituant la seconde classe ont vu au contraire leur teneur en émanation baisser considérablement (Bézier) ou même devenir nulle (Lignou) en même temps que leur débit diminuait, par suite de la sécheresse persistante.

J'ai montré précédemment que les variations de la teneur en émanation de la Grande Source et des Fées s'expliquaient en admettant une double origine à l'émanation dissoute, une portion constante ou valeur minima moyenne et une portion variable, variant dans le même sens que la hauteur de pluie.

L'étude que nous venons de faire confirme cette manière de voir.

Les sources d'origine granitique (Desnos, Fées, Grande Source, Joly) acquièrent leur radioactivité minima constante au niveau des terrains primitifs qu'elles traversent. Leur débit constant, leur température décèlent, d'ailleurs, leur origine profonde.

La teneur en émanation des sources superficielles diminue en même

temps que le débit, débit qui est lui-même sous la dépendance de la pluie. Cette émanation est donc dissoute par l'eau de pluie lorsque celle-ci traverse les premières couches du sol, et peut, dans certains cas, se mélanger à l'émanation provenant des terrains granitiques, provoquant ces variations qu'il nous a été donné d'étudier l'an dernier, et que nous avons retrouvées cette année en dosant, jour par jour, l'émanation dissoute dans l'eau de la Grande Source.

Il y aura lieu de rechercher dans les terrains superficiels l'origine de cette radioactivité surajoutée.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur les variations des eaux atlantiques au large des côtes françaises.* Note de M. **Ed. Le Danois**, présentée par M. L. Joubin.

En exécution du programme du Comité du Plateau atlantique créé par le Conseil international pour l'Exploration de la mer, le chalutier *Tanche*, équipé par l'Office scientifique et technique des Pêches maritimes, a effectué cet été diverses croisières, au large des côtes de France, entre l'Espagne et l'Irlande. Au cours d'une partie des croisières de ce navire, commandé par le capitaine Rallier du Baty, nous avons pu faire, en nombre suffisant, des observations pour arriver à préciser le régime des eaux atlantiques au point de vue de la température.

Le plateau continental de l'entrée de la Manche est recouvert d'eaux froides, en continuité avec les eaux du nord de l'Europe, qui y représentent les eaux *normales ou moyennes;* leur température sur le fond varie peu : de 9° à 12° au maximum. En hiver, ces eaux sont disposées en nappes dont la température est constante sur toute leur hauteur : cette isothermie verticale produit une sorte de stabilisation qui règne de décembre à avril.

En été, de mai à novembre, se produit une importante *transgression* des eaux chaudes du large. Ce phénomène reste, d'ailleurs, localisé dans les couches superficielles, jusqu'à 60^m de profondeur. A partir de 60^m, jusqu'au fond, les couches d'eau ne sont pour ainsi dire pas intéressées par cette extension chaude : leur température est de 11° sur le plateau continental et de 12° en dehors du plateau.

La profondeur où la transgression des eaux chaudes est la mieux marquée est à 50^m. Contournant le cap Finistère, des nappes à une température de 17° à 18° s'enfoncent dans le golfe de Gascogne entre le 45°N et

le 46°N. Vers le Nord, cette nappe s'épanouit en formant trois larges expansions qui empiètent sur le bord du plateau continental :

1° Dans la région du sud-ouest de l'Irlande par le 50°N;

2° A l'est du banc de la Petite Sole allant jusqu'au 49°20′N;

3° Au sud-ouest de Penmarc'h.

Les eaux froides moyennes du plateau, par suite de cette triple transgression, se trouvent refoulées et canalisées. Vers la fin de juillet, la nappe chaude du sud-ouest de Penmarc'h coupe la communication qui existait jusque-là entre les eaux du plateau et celles qui remplissent la grande vasière du golfe de Gascogne, de Penmarc'h à La Rochelle. Les eaux froides de la vasière se trouvent ainsi isolées.

Entre les deuxième et troisième transgressions chaudes se trouve une nappe d'eau froide, le long du banc Parsons, qui est littéralement laminée par les eaux chaudes et obligée de déborder vers le Sud en dehors du plateau jusqu'au 46° N. De même les eaux froides du banc de la Grande Sole, pressées par les eaux des transgressions chaudes du sud-ouest de l'Irlande et du banc de la Petite Sole, sont resserrées et débordent vers le Sud et l'Ouest.

Sur la côte espagnole, nous avons trouvé également au nord des caps Ortegal et Prior une nappe froide continentale à 12°, qui débordait le très étroit plateau continental de cette côte. Cette nappe se trouve placée sur une même longitude, le 7° WG, que le débordement des eaux du banc Parsons : il en résulte un étranglement du courant chaud à 18°. Sur ce méridien est la formation d'un véritable *seuil froid* dont la nappe n'excède pas 60 milles.

Aussi sur le plateau continental français, à 50^{m} de profondeur, la transgression estivale des eaux chaudes forme trois poches, limitées par les eaux froides moyennes de ce plateau qu'elles refoulent et forcent à déborder en deux points.

Après l'étranglement du seuil froid du 7° WG, le courant chaud à 17°-18° vient buter contre la côte française, vers la fosse de cap Breton, et dans cette région remonte et s'épanouit en surface produisant un réchauffement intense des eaux superficielles.

Le régime de la Manche est complètement différent de celui des eaux atlantiques : les diverses observations qui y ont été faites cet été par le navire *Pourquoi-pas?*, sous le commandement du Dr J.-B. Charcot, nous permettent d'inférer que le régime de cette mer est lié étroitement à celui de la mer du Nord.

C'est un régime de mer peu profonde à refroidissement et à réchauffement très marqués. Cette grande variabilité de températures est en opposition avec la constance thermométrique des eaux du plateau continental atlantique, et une barrière d'eaux froides qui s'étend d'Ouessant aux îles Sorlingues forme une véritable séparation entre les eaux atlantiques et celles de la Manche.

Les phénomènes que nous signalons sont des phénomènes constants : ils sont susceptibles de variations, mais le principe général reste le même; la concordance des observations faites l'année dernière par le navire *Perche* et de celles faites cette année par la *Tanche* nous a démontré cette constance.

En envisageant cet ensemble de phénomènes au point de vue de l'hydrographie générale, nous pouvons considérer que le plateau continental à l'entrée de la Manche correspond au banc de Terre-Neuve sur la côte américaine, en ce sens qu'il est le siège d'un *heurt* marqué des eaux froides et chaudes. Ce heurt plus intense sur la côte américaine, par suite des grandes accumulations d'eaux froides venant de la banquise et d'eaux chaudes sortant du golfe du Mexique, est sensiblement atténué sur la côte d'Europe, mais la correspondance des phénomènes des deux côtés de l'Atlantique reste cependant entière.

BOTANIQUE. — *Nouvelles études biologiques sur la Rouille des Mauves* (Puccinia Malvacearum *Mont.*). Note de M. **Jakob Eriksson**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Depuis environ vingt années, je me suis occupé d'études sur la biologie de la Rouille des Mauves (*Puccinia Malvacearum* Mont.). Les résultats des recherches des dix premières années ont été résumés dans une Note présentée à l'Académie [1]. Je résume, dans la présente Note, les résultats des expériences effectuées dans ces dix dernières années.

A. Germination des spores. — Par de nouvelles études, il a été mis en évidence qu'il existe pour ce champignon *deux formes de spores*, égales au point de vue morphologique, mais différentes en sens biologique.

En Suède, *une des formes* apparaît en arrière-saison (septembre-octobre) sur de jeunes plantes de Rose-trémière, issues de graines semées pendant l'été (juin), et aussi pendant l'automne suivant (août-octobre) sur des

[1] *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1776.

plantes qui ont survécu à l'hiver précédent, mais seulement lorsque ces plantes appartiennent à une lignée malade. J'ai donné à ces spores le nom de *spores d'automne*.

L'*autre forme* apparaît, pendant certaines années, au printemps et en été (mai-juillet) sur des plantes hivernées, généralement après un intervalle d'environ trois à quatre semaines (mai). Ce sont les *spores d'été* (¹)

Les spores d'automne peuvent germer de deux façons. Si elles se trouvent plongées dans de l'eau, par exemple au fond d'une goutte d'eau, elles germent en formant de *longs filaments*, d'abord minces et droits, ensuite courbés à l'extrémité, et dont les articulations terminales très courtes se désagrègent comme des *conidies*. Si, au contraire, les spores sont situées à la surface d'une goutte d'eau ou dans de l'air saturé de vapeur d'eau, elles germent en formant de *courts et larges promyceliums* courbés en arc et produisant des *sporidies*.

Les spores d'été, au contraire, *germent toujours* de la même manière, en formant de *longs filaments* et des *conidies*.

Les résultats choisis parmi quelques essais faits sur la germination des deux formes de spores se voient sur les Tableaux I et II ci-dessous :

TABLEAU I. — *Germination des spores d'automne.*
c = germination à courts filaments (avec sporidies).
l = germination à longs filaments (avec conidies).

Althæa rosea (du 1er au 15 octobre 1914).

Jour d'observation.	Nombre des pustules de spores sur des gouttes d'eau.	plongées dans de l'eau.	dans de l'air saturé de vapeur d'eau.	Germination.
1er octobre	5	»	»	c
2 »	6	»	»	$c+l$
3 »	6	»	»	c
3 »	»	6	»	l
9 »	»	»	4	c
11 »	»	»	4	c
12 »	»	10	»	l
15 »	»	»	8	$c+l$
15 »	»	6	»	$l+c$

(¹) En 1914 et en 1916, j'ai constaté la production des spores d'automne se continuant au printemps et pendant l'été de l'année suivante.

TABLEAU II. — *Germination des spores d'été.*

Jour d'observation	Organe sporifère.	Pustules germant dans de l'eau — découvertes.	Pustules germant dans de l'eau — sous lamelle mince.
Althæa rosea (du 23 juin au 29 juillet 1920).			
23 juin	feuille vieille	*l*	*l*
27 »	feuille jeune	*l*	*l*?
27 »	feuille vieille	*l*	*l*
3 juillet	feuille intermédiaire	*l*	?
4 »	feuille jeune	*l*	?
15 »	feuille intermédiaire	*l*	*l*
29 »	feuille jeune	*l*	*l*

B. LIGNÉES MALADES ET LIGNÉES SAINES DE ROSE-TRÉMIÈRE. — Outre les lignées malades de Rose-trémière, il y a aussi des lignées qui se maintiennent intactes durant tout le temps de la végétation, comme le montre le Tableau III ci-dessous :

TABLEAU III. — *Lignées malades et lignées saines de Rose-trémière, cultivées près de Stockholm pendant les années* 1912 *à* 1920.

Bergianium = *Hortus Bergianus* (Jardin botanique de Bergen).

Année.	Lieu d'origine.	1re année. — Éruption d'arrière-saison.	2e année (floraison). Période de pureté.	2e année (floraison). 1re période de maladie (stade d'été).	2e année (floraison). 2e période de maladie (stade d'automne).	Lignée au début.	Lignée à la fin.
1912.	Haga (Stockholm)	grave 15/8-15/9	3/5-18/6	grave 26/6-15/7	grave 31/7-17/8	malade	malade
1913.	Haga	grave 1/9-30/10	2/5-24/3	grave 24/5-4/7	grave 25/7-23/8	malade	malade
	Bergianum	o	3/6-25/7	o	grave 28/7-22/8	*saine*	*malade*
1914.	Haga	grave	o	grave 1/5-25/7	grave 27/7-	malade	malade
	Bergianium	o	2/5-8/5	grave 9/5-25/7	grave 27/7-	*saine*	*malade*
1915.	Hilleshog (Laudskrona)	faible 3/10-10/11	20/5-10/7	o	grave 16/7-6/9	malade	malade
	Haga	très faible 13/10-3/11	20/5-10/7	o	grave 16/7-6/9	malade	malade

Année.	Lieu d'origine.	1re année. — Éruption d'arrière-saison.	2e année (floraison). Période de pureté.	2e année (floraison). 1re période de maladie (stade d'été).	2e année (floraison). 2e période de maladie (stade d'automne).	Lignée au début.	Lignée à la fin.
1916.	Bergianum....	très grave 3/9-3/10	sér. A : 17/5-12/7	o	grave 19/7-9/8	malade	malade
	Bergianum..........	très grave 3/9-3/10	sér. B-D : o	faible 17/5-12/7	grave 19/7-9/8	malade	malade
1917.	Bergianum..........	?	24/5-23/8	o	o	saine	saine
1918.	Bergianum..........	très grave 2/11	6/5-20/8	o	o	*malade*	*saine*
1919.	Västerös............	?	23/5-15/9	o	faible 4/8-15/9	?	malade
	Haga...............	très faible	19/5-15/9	o	grave 4/8-15/9	malade	malade
	Bergianum..........	o	19/3-15/9	o	o	saine	saine
1920.	Bergianum..........	très grave 21/9-18/10	15/5-23/8	o	o	*malade*	*saine*
	Västerös............	o (?)	15/5-23/8	o	o	saine	saine
	Haga...............	o (?)	15/5-23/8	o	o	saine	saine

En étudiant ce Tableau, nous trouvons aussi qu'une lignée saine peut être infestée, si elle pousse à côté d'une lignée malade pendant l'époque de la production de spores d'été (par exemple, en 1913 et en 1914). De même, une lignée malade peut se rétablir si l'énergie vitale du champignon s'est épuisée (par exemple, en 1918 et en 1920).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la biologie des alcaloïdes de la Belladone.* Note de M. **Jean Ripert**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans diverses Notes (¹), j'ai montré que, chez la Belladone, à la dorsiventralité anatomique des tissus de la tige correspond une dorsenventralité chimique, que la décortication annulaire faite au ras du sol est cause d'une élévation du pourcentage des alcaloïdes dans les feuilles, et d'un abaisse-

(¹) Jean Ripert, *Sur la variation de la localisation des alcaloïdes de la Belladone suivant l'éclairement* (26 mai 1920); *Sur la variation de la localisation des alcaloïdes de la Belladone* (12 juillet 1920); *Sur la variation de la localisation et de la teneur en alcaloïdes et le rôle de ces substances chez la Belladone* (11 décembre 1920).

ment dans la racine. J'ai mis en évidence, par des cultures de rameaux coupés, placés à la lumière dans l'eau distillée, soit à l'air libre, soit dans une atmosphère d'oxygène pur, que les alcaloïdes sont des déchets, car leur poids augmente quand les divers aliments diminuent ou disparaissent totalement.

Cette année, j'ai recherché ce que devient la fonction alcaloïdique dans le développement partiel ou total de la Belladone à l'obscurité.

Le 10 mars, sur de jeunes pousses de trois semaines, venues sur des souches de 9 ans, je plaçai des caisses, les isolant complètement de la lumière, mais permettant une aération normale. Le 18 avril, c'est-à-dire après 39 jours d'étiolement, je cueillis ces plantes qui présentaient tous les caractères bien connus d'étiolement intense. Quelques fleurs s'étaient développées. L'examen microchimique des tiges et des feuilles me révéla une teneur alcaloïdique supérieure au témoin ; les épidermes foliaires en contenaient énormément, même dans les cellules les plus éloignées des nervures, ceci n'existant jamais dans l'épiderme supérieur de la plante normale.

L'analyse chimique des plantes témoins et des plantes étiolées nous donna les résultats consignés dans le Tableau suivant :

	Alcaloïdes pour 100 de matières sèches.	Azote albuminoïdique pour 100 de matières sèches.
Feuilles témoins au 7 mars	0,445	2,11
Feuilles témoins au 18 avril	0,540	2,37
Feuilles venues à l'obscurité au 18 avril	0,752	4,96
Tiges témoins au 18 avril	0,515	»
Tiges à l'obscurité au 18 avril	0,713	»

Il y a donc eu à l'obscurité une augmentation des alcaloïdes de

$$0,752 - 0,540 = 0,212 \text{ pour } 100$$

pour les feuilles, et de

$$0,713 - 0,515 = 0,198 \text{ pour } 100$$

pour les tiges, et une augmentation de l'azote albuminoïdique (dosé après élimination des alcaloïdes et des nitrates) de

$$4,96 - 2,37 = 2,59 \text{ pour } 100.$$

Le 18 avril, toutes les tiges furent coupées au ras du sol en même temps que les pieds témoins, et je replaçai les caisses sur les mêmes pieds. Le 5 juin, les pousses nouvelles développées ainsi à l'obscurité mesuraient 45^{cm} de

haut; elles étaient totalement étiolées, et présentaient une légère pigmentation rouge vers la base.

L'analyse chimique me donna les résultats suivants :

	Alcaloïdes pour 100 de matières sèches.
Feuilles témoins au 5 juin	0,532
Feuilles restées 45 jours à l'obscurité	0,972
Tiges témoins au 5 juin	0,498
Tiges restées 45 jours à l'obscurité	0,916

D'où une augmentation, pour les feuilles, de

$$0,972 - 0,532 = 0,440 \text{ pour } 100,$$

et pour les tiges, de

$$0,916 - 0,498 = 0,418 \text{ pour } 100.$$

Je remis à la lumière ce qui me restait de plantes étiolées; au bout de 6 jours d'une insolation directe et intense, les feuilles avaient pris une teinte jaune verdâtre; leur teneur était de 0,958 pour 100 pour les feuilles et de 0,921 pour 100 pour les tiges.

Un deuxième lot, prélevé le 14 juin au soir, après 9 jours d'insolation me donna pour les feuilles 0,703 pour 100 et 0,802 pour 100 pour les tiges.

Un troisième et dernier lot, prélevé le 18 juin au soir, ne dosait plus quant aux feuilles, que 0,550 pour 100.

On constate donc, en 13 jours, que l'influence de la lumière a amené une diminution progressive des alcaloïdes de :

$$0,972 - 0,550 = 0,422 \text{ pour } 100.$$

L'analyse de la racine de ces plantes me donna les chiffres suivants :

	Alcaloïdes pour 100 de matières sèches.
Témoin en février	0,250
Témoin en avril	0,215
Témoin au 20 juin	0,257
Racines supportant les plantes des expériences précédentes :	
Au 15 avril	0,190
Au 15 juin	0,228

Donc les alcaloïdes n'ont pas émigré vers la racine, puisque la teneur de celles-ci n'a pas augmenté mais plutôt diminué.

Je ne saurais encore dire si les alcaloïdes sont rentrés dans le métabolisme alimentaire ou ont été éliminés par un processus encore inconnu. Une série d'expériences en cours me permettra peut-être de résoudre ce problème.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *L'iode chez les Laminaires.* Note de M. P. **Freundler**, et de Mlles Y. **Menager** et Y. **Laurent**, présentée par M. A. Béhal.

Cette Note résume les résultats de plusieurs centaines de dosages d'iode et de nombreuses observations effectuées *sur place* aux îles Saint-Quay et à Roscoff, en 1921, sur les principales Laminaires (*L. Flexicaulis*, *Saccharina*, *Cloustoni*, etc.).

Méthode d'analyse. — L'iode est extrait des algues par chauffage avec une solution de bisulfite de calcium; on oxyde ensuite une partie aliquote de la liqueur par $KMnO^4$ et l'on titre l'iodate formé par le procédé usuel (KI, HCl et hyposulfite), après élimination du bioxyde de manganèse par H^2O^2 (¹). La prise d'essai est de 200^g et la précision est de l'ordre de 2 pour 100, échantillonnage compris. Nos conclusions sont basées sur des variations de la teneur en iode, comprises pour la plupart entre 20 pour 100 et 30 pour 100.

Résultats généraux. — I. *Diminution du taux d'iode par dessiccation.* — Les Laminaires, quelles que soient les précautions prises, perdent, lorsqu'elles sèchent, une quantité d'iode qui, surtout en été, peut atteindre près de 50 pour 100 de la teneur primitive.

Ainsi, des *L. Saccharina*, récoltées le 7 juillet, ont donné à l'analyse, le 22 juillet, 0^g,712, et le 31 juillet, 0^g,554 d'iode pour 100 parties de matière sèche. Des *L. Flexicaulis*, cueillies le 2 octobre, renfermaient le 4 octobre, 1^g,883, et le 8 novembre, 1^g,073 d'iode pour 100 parties d'algues sèches (²).

Nous ignorons actuellement ce que devient cet iode. Une seule expérience, qui sera répétée aussitôt que possible, semble indiquer que des Laminaires séchées et appauvries en iode, sont capables d'en récupérer lorsqu'on introduit de nouvelles algues fraîches dans la pièce où elles se trouvent.

En raison de cette diminution du taux d'iode, nous avons eu soin de n'analyser, pour comparaison, que des lots d'algues de même espèce, récoltés en même temps, et séchés dans les mêmes conditions.

(¹) V. Auger, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 11, p. 615. — Les détails opératoires seront décrits ailleurs. Nous signalerons seulement ici qu'il est indispensable : 1° d'effectuer le traitement par H^2O^2 à froid, pour éviter la catalyse de IO^3H; 2° de se servir d'eau oxygénée exempte de stabilisateurs organiques; 3° d'employer un excès de KI et de HCl, et d'attendre au moins 3 heures avant de titrer l'iode libéré; durant ce temps, l'essai doit être maintenu à l'obscurité.

(²) Le dosage de l'eau a été fait par dessiccation à 105°, sur 50^g en général (voir Molliard, *La Nutrition de la Plante*, t. 1, p. 2).

II. *Influence de la saison.* — Malgré une température de dessiccation beaucoup plus élevée, les récoltes de juillet accusent un excès d'iode par rapport à celles de mars.

Ainsi, des lots de *L. Saccharina*, *Flexicaulis* et *Cloustoni*, ont fourni respectivement les chiffres suivants : Mars, $0^{g},603$; $0^{g},738$; $0^{g},455$ pour 100. Juillet, $0^{g},712$; $0^{g},826$; $0^{g},571$ pour 100 des algues sèches.

III. *Influence de la région.* — Lorsqu'il a été possible de poursuivre des dessiccations dans les mêmes conditions, cette influence s'est montrée faible ou nulle.

Ainsi, les teneurs de récoltes effectuées respectivement à Roscoff et aux îles Saint-Quay, ont été les suivantes : *L. Flexicaulis*, $0^{g},716$ et $0^{g}738$ pour 100; *L. Saccharina* (juillet), $0^{g},555$ et $0^{g},554$ pour 100; *L. Saccharina* (août), $0^{g},640$ et $0^{g},628$.

IV. *Influence de l'âge des tissus.* — Nos essais n'ont porté que sur les *L. Saccharina*. Dans ce cas, le taux d'iode est d'autant plus élevé que les tissus sont plus jeunes.

Nous avons récolté en août, à Roscoff, des individus très jeunes (var. *Phyllitis*), des adultes stériles, à godrons intacts, et des adultes fertiles à lame rongée. Les premiers renfermaient $0^{g},696$ pour 100, les seconds $0^{g},640$, et les derniers $0^{g},451$ pour 100; les trois lots ont été séchés pendant trois jours et analysés simultanément.

B. Résultats particuliers. — *Variation de la teneur dans les diverses parties de l'algue.* — Nous avons étudié à ce point de vue la *fronde entière*, le *bas de la lame* (longueur 12^{cm}-15^{cm} à partir de la base), le *stipe* et, de plus, chez les *Saccharina*, le *godron* et chez les *Cloustoni*, le *vieux mantelet* avant sa séparation (mars).

L. Flexicaulis. — La fronde entière est plus riche que le stipe et que le bas de la lame ($0^{g},716$, $0^{g},554$, $0^{g},513$ pour 100).

L. Saccharina. — Le godron a toujours la teneur maxima ($0^{g},634$), puis vient la lame entière ($0^{g},468$) et enfin le stipe (0,352). Le bas de la lame est moins riche que la lame entière quand les godrons sont intacts; il est plus riche quand ceux-ci sont partiellement détruits.

L. Cloustoni. — Le stipe [1] est plus riche ($0^{g},755$) que la fronde entière ($0^{g},570$) et que le bas de la lame ($0^{g},537$). Le vieux mantelet diffère peu de la nouvelle fronde. Nous examinerons prochainement la jeune pousse d'hiver.

---

[1] Ce résultat a déjà été signalé par Hendrick (voir Sauvageau, *Utilisation des Algues marines*, p. 175).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Peut-on déterminer la valeur des semences par voie biochimique?* Note de MM. **Antoine Němec** et **François Duchoň**, présentée par M. L. Maquenne.

Au cours de recherches sur l'activité de la glycérophosphatase des graines à l'état de repos, le premier de nous a observé que l'activité de cette diastase varie beaucoup au fur et à mesure que la graine s'altère avec l'âge. En nous basant sur ces expériences, nous avons étudié les relations qui existent entre la vitalité de la graine et son activité diastasique, en vue d'établir s'il est possible de déterminer la valeur agricole des semences — avant tout leur faculté et énergie germinative — par une rapide et en même temps facile voie biochimique, plus avantageuse que l'essai de germination qui est parfois d'une longue durée (semences forestières), de 5 à 30 jours, suivant les espèces.

M. Hargue, en étudiant les altérations de vieillissement des graines en rapport avec la réaction des peroxydiastases, a reconnu que cette réaction permet de distinguer les graines de haute vitalité de celles d'une énergie vitale moyenne ou même peu ou complètement non germinatives (¹).

Sans connaître le travail de M. Hargue, nous avons suivi notre idée en étudiant les relations de différentes diastases avec la vitalité des graines de diverses espèces, variétés et origines. Nos expériences ont porté principalement sur l'amylase, l'invertase, la glycérophosphatase, la lipodiastase, l'uréase, l'uricase, la phytoprotéase et la catalase des graines. Les résultats principaux de nos expériences sont réunis dans les Tableaux suivants (²) :

Glycérophosphatase.

Année de la récolte.	Maïs (5g de farine). — Faculté germinative.	P^2O^5 pour 100^{cm^3} de solution. Autolyse.	Glycérophosphate Na à 2 pour 100.	Glycérophosphatase.
		mg	mg	
1886.........	0	10,4	44,7	34,3
1904.........	13	13,1	52,3	39,2
1907.........	31	20,4	116,1	94,7
1912.........	41	20,4	163,4	143,0
1916.........	69	46,9	302,0	255,1
1920.........	96	47,0	361,0	314,0

(¹) Hargue, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, t. 42, 1920, p. 612, d'après *Bull. Soc. chim. France*, t. 28. 1920, p. 425.

(²) Voir pour plus de détails : *Annales de la Sc. Agron.*, 1921, et *Zemědelský Archiv*, 1921 (Prague).

Lipodiastase.

Année de la récolte.	Moutarde blanche. (5g de farine). — Faculté germinative.	Pour 100cmc de solution : Acidité en centimètres cubes de soude $\frac{n}{4}$ à phtaléine. Autolyse (l'eau).	Huile de ricin.	Contrôle (ébullition).	Lipodiastase.
1900	0	2,5	2,6	1,8	0,1
1910	8	4,2	4,8	1,9	0,6
1920	94	5,6	30,4	2,2	24,8

Uréase.

Année de la récolte.	Soja (5g de farine). — Faculté germinative.	Ammoniaque pour 100cm³ de solution. Autolyse.	Urée à 1 p. 100.	Contrôle. Enzyme.	Contrôle. Substrat.	Uréase.
			mg	mg	mg	
?	0	8,7	112,4	3,2	2,2	103,7
1912	13	6,3	279,7	3,1	2,4	273,4
1919	98	5,9	408,1	3,2	2,1	402,2

Phytoprotéases.

Année de la récolte.	Fève (3g de farine). — Faculté germinative.	Azote total.	Azote protéique.	Contrôle. Azote total.	Contrôle. Azote protéique.	Protéases.
		mg	mg	mg	mg	
1900	11	130,5	125,7	130,8	126,1	11,3
»	11 (1)	129,8	114,4	128,9	126,1	
1918	92	125,4	111,3	124,3	110,8	42,0
»	92 (1)	123,6	69,3	120,9	114,8	

Amylase.

Année de la récolte.	Faculté germinative. — Maïs (5g de farine).	Activité de l'amylase (mg Cu pour 100cm³ de solution).
1891	0	7
1907	0	96
1912	43	204
1920	98	286

(1) Après 48 heures à 37°.

Catalase.

Année de la récolte.	Faculté germinative. Avoine (2g de farine).	Oxygène dégagé en 5 minutes de H^2O^2. 15cm³ H^2O^2 à 3 p. 100.	Contrôle.	Catalase.
		cm³	cm³	
1891	0	4,1	3,9	0,2
1910	44	36,1	3,7	33,4
1920	100	78,6	2,8	75,8

On voit, de ces données, que l'action des diastases *hydrolysantes* peut survivre à la perte du pouvoir germinatif de la graine. La catalase se comporte d'une manière nettement différente; il semble que la vitalité perdue de l'organisme est étroitement liée avec l'activité entravée de la catalase. On sait que cet enzyme est extrêmement sensible aux ions hydrogènes; alors il est possible que les modifications chimiques de la graine, caractérisées par une acidification progressive de l'organisme, entraînent la perte graduée de l'activité de la catalase : dans les graines mortes, cette activité semble disparaître presque totalement. Le peu d'oxygène dégagé dans ce cas peut provenir des catalyseurs minéraux ou des substances colloïdales de la graine.

Il est évident que *l'activité de la catalase*, mesurée sous des conditions comparables en centimètres cubes d'oxygène dégagé, *peut représenter un moyen convenable pour évaluer rapidement et facilement, dans quelques minutes seulement, la valeur agricole des semences;* il ne reste qu'à fixer les limites pour le contrôle pratique de cet indicateur vital.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la composition chimique des Astéries.* Note de MM. **Gustave Hinard** et **Robert Fillon**, présentée par M. L. Joubin.

Les Astéries, ou étoiles de mer, extrêmement abondantes en certains points de nos côtes, exercent des ravages considérables sur les bancs d'huîtres et sur les parcs qu'elles ont envahis. La plupart du temps, faute d'en pouvoir tirer parti, les pêcheurs les rejettent à l'eau, soit telles quelles, soit après les avoir coupées en morceaux, ce qui, au lieu de les tuer, en multiplie le développement.

Dans un but de protection de l'ostréiculture, l'office scientifique et technique des Pêches maritimes fut amené à rechercher une utilisation de ces

animaux, qui incitât les pêcheurs à les ramasser ou draguer sur les bancs et à les amener à terre.

Nous avons préparé, avec des étoiles de mer de l'espèce *Asterias rubens* L. récoltées sur les parcs de l'île d'Oléron ou à Luc-sur-Mer, une sorte de farine qui pourrait être employée en agriculture comme engrais azoté calcaire, peut-être aussi pour la nourriture des volailles. Le produit est jaune brunâtre, d'autant moins coloré que la température de séchage est plus basse (nous n'avons pas dépassé 50° C.). Son odeur rappelle celle des farines de poisson. Comme ces dernières, il se conserve bien, à la condition que son taux d'humidité soit peu élevé (inférieur à 10 pour 100).

Voici la composition globale de deux échantillons de ces poudres, rapportée à 100 de produit complètement sec :

	N° 1. Oléron.	N° 2. Luc-sur-Mer.
Matières azotées (N total × 6,25)	36,75	34,50
Matière grasse	6,80	8,27
Matières minérales	54,26	51,65
Matières extractives (par différence)	2,19	5,58

Nous n'avons pas trouvé d'hydrates de carbone en proportion appréciable. Les matières minérales sont constituées, pour $\frac{9}{10}$ environ, par du carbonate de chaux. La matière grasse est liquide à la température ordinaire, brune, fortement oxydée.

Il nous a paru intéressant de procéder à un examen de cette matière grasse. Nous en avons extrait une certaine quantité d'Astéries fraîches (provenance : Luc-sur-Mer). Celles-ci, préalablement hachées, puis passées à l'autoclave pour coaguler les matières azotées solubles et provoquer une déshydratation partielle, ont été traitées successivement par l'acétone et par l'éther sulfurique. Le produit de cette extraction fut ensuite purifié par redissolution dans l'éther de pétrole, distillation du solvant, filtration à la température de 50°, évaporation des dernières traces d'éther de pétrole et d'humidité dans le vide sec, à la température ordinaire.

Nous obtenons ainsi une huile limpide, de couleur jaune-brun foncé, d'odeur faible, rappelant celle de l'huile de foie de morue, et qui présente les caratéristiqnes suivantes :

Densité à 15°	0,9372
Indice réfractométrique à 22° (Amagat et Jean)	+ 47°
Indice de brismer	48°
Indice d'iode (Wijs)	132,7
Indice de saponification	159,1
Insaponifiable	38,94 %

Avec le réactif de Halphen (dérivés bromés), elle donne un trouble immédiat, se résolvant en un précipité persistant, ce qui la classe nettement dans la catégorie des huiles d'animaux marins. Cette huile serait vraisemblablement susceptible des mêmes applications que les huiles de poissons, soit seule, soit en mélange avec celles-ci.

Nous en poursuivons l'étude technique, en même temps que l'étude des variations de composition des Astéries suivant les saisons.

PHYSIOLOGIE. — *L'absorption sous-cutanée de l'oxygène dans les ascensions en montagne et en avion.* Note de M. **Raoul Bayeux**, présentée par M. E. Roux.

L'oxygène, quand on l'injecte sous la peau, rencontre une certaine résistance. Celle-ci se manifeste par une pression qu'indique, dans toutes ses finesses, le petit manomètre de mon *Oxygénateur de précision* construit par Jules Richard.

Si la vitesse d'injection est constante, la résistance est pratiquement invariable : pour une vitesse de 30^{cm^3} par minute, cette résistance est en général, de 40 hydro-centimètres.

C'est ce qui se passe chez un sujet normal, en bonne santé, en état de repos.

Cette résistance, ainsi définie, n'est influencée ni par les variations de la pression artérielle, ni par l'adiposité, ni par la maigreur. Ainsi, comme je vais le montrer, elle varie par le séjour à la haute altitude, bien que ce séjour n'ait pas d'action sur la pression sanguine, comme nous l'avons constaté, M. Vallot et moi, à l'Observatoire du mont Blanc.

D'ailleurs, j'ai vu des résistances élevées chez des sujets maigres et des pressions d'oxygène basses sur des obèses. Sur moi-même, j'ai constaté que cette résistance était identique avant et après un séjour prolongé au mont Blanc, bien que j'y eusse maigri de plusieurs kilos.

Elle est généralement la même sur tous les points du corps où peut se faire une injection. Pendant l'injection même, elle ne s'abaisse pas, malgré que la surface cellulaire absorbante s'étende progressivement. Au contraire, il arrive un moment où elle s'élève, indiquant qu'il faut cesser l'injection. A ce moment-là, en effet, les sujets accusent de la douleur et de l'excitation.

Dans l'état physiologique, la résistance varie suivant l'activité musculaire du sujet.

En pathologie, je puis dire que les maladies asphyxiques ou anémiantes la diminuent, et que les affections qui intoxiquent l'organisme la font augmenter.

Je me suis demandé si l'anoxhémie des très hautes altitudes comporterait un abaissement de cette résistance et j'ai fait cette étude sur moi-même. En juillet 1918, grâce aux ressources que m'avait procurées une subvention du Fonds Bonaparte, j'ai séjourné à Pralognan-la-Vanoise, d'où j'ai pu effectuer la dure ascension de la Grande Casse. J'ai noté mes pressions jusqu'à cette cime, comme l'indique le Tableau suivant :

TABLEAU I.

Pressions sous-cutanées de l'oxygène injecté à la vitesse de 30^{cm^3} *par minute, dans la plaine, à Pralognan et au sommet de la Grande Casse* (3861^m).

Pression moyenne dans la plaine	40
A l'arrivée à Pralognan (1400^m)	24
Pralognan, 6 jours plus tard (acclimaté)	32
Refuge Félix-Faure (2500^m)	30
Arête de la Grande Casse (3400^m)	19
Sommet de la Grande Casse (3861^m)	16
Refuge Félix-Faure (retour)	34
Pralognan	38

L'ascension de la Grande Casse étant très pénible, il y avait lieu de se demander quelle pouvait être la part de la fatigue dans la diminution de résistance que l'oxygène éprouvait au fur et à mesure de l'élévation en altitude. Pour éliminer la fatigue, je me suis soumis à une forte dépression barométrique en milieu clos, tout en m'injectant de l'oxygène sous la peau. Le 14 octobre 1918, je m'enfermai, en compagnie du médecin-major Garsaux, dans la chambre de décompression de la Station aéronautique de Saint-Cyr. Je ne portais pas de masque respiratoire mais, pendant toute l'expérience, mon *oxygénateur* envoyait de l'oxygène sous ma peau à la vitesse de 30^{cm^3} par minute. J'absorbai ainsi 1200^{cm^3} d'oxygène pendant les 42 minutes que dura la décompression qui nous mit finalement dans une atmosphère correspondant à une altitude de 5300^m.

Malgré ce qu'avaient prétendu les auteurs, l'injection ne provoqua aucune tumeur gazeuse considérable sous ma peau. Au contraire, le gaz s'étala en lame mince et je l'absorbai si rapidement que, lorsque la recompression fut terminée, 71 minutes après le début de l'expérience, il en restait à peine une trace. Je n'avais éprouvé aucun malaise; mon pouls s'était seulement accéléré et ma respiration aussi, mais très légèrement, comme l'indique le Tableau suivant :

TABLEAU II.

Expérience faite à la Station aéronautique de Saint-Cyr, le 14 *octobre* 1918, *dans la chambre à décompression, avec l'assistance du médecin-major Garsaux* (*Sujet d'expérience :* RAOUL BAYEUX).

Pression en millimètres de mercure.	Altitude correspondante.	Durée des étapes.	Pouls par minute.	Vitesse respiratoire.	Résistance à l'oxygène.
740	160^m	départ	72	18	37
710	500	2 min.	72	18	37
630	1500	9 »	74	18	35
520	3060	15 »	78	18	33
460	4020	26 »	78	18	33
445	4350	30 »	80	18	30
410	4800	36 »	82	20	26
390	5300	42 »	84	22	21
520	3060	49 »	72	19	29
550	2700	53 »	72	19	35
665	1100	62 »	72	16	38
740	160	71 »	68	14	38

Cette expérience montre que : 1° l'injection sous-cutanée d'oxygène permet d'affronter l'ascension rapide (en 42 minutes), à une très haute altitude (5300^m) sans aucun danger, sans autre phénomène qu'une légère augmentation des pulsations cardiaques et une *très légère* accélération des mouvements respiratoires; 2° l'absorption de l'oxygène se fait beaucoup plus rapidement pendant une ascension qu'en demeurant à une altitude plus basse; 3° la résistance à l'absorption de l'oxygène diminue à mesure que l'altitude augmente.

Ces résultats sont de nature à autoriser l'emploi des injections sous-cutanées d'oxygène comme *préparation* aux ascensions en ballon aussi bien qu'aux voyages en avion. Quant à leur utilité dans les courses de l'alpinisme, j'ai montré qu'elles y ont fait leurs preuves.

PHYSIOLOGIE. — *Influence du sympathique sur la sensibilité : effets de la résection du sympathique sur le reliquat de sensibilité d'un membre dont les nerfs ont été sectionnés en presque totalité.* Note de M. **AUGUSTE TOURNAY**, présentée par M. Charles Richet.

Nous avons réalisé des expériences qui mettent en évidence certaines modifications de la sensibilité consécutives à une résection partielle du grand sympathique. Des expériences préalables nous avaient montré que,

lorsque soit chez des chiens intacts, soit sur des chiens ayant subi une section de nerfs symétriquement aux deux cuisses, on pratique d'un seul côté, au versant interne du talon, sans précautions aseptiques, une pointe de feu profonde intéressant tous les plans jusqu'à l'os même, on observe (quand sont réalisées certaines conditions d'irritation de la plaie qui paraissent nécessaires) les deux phénomènes suivants :

D'une part, se produit et s'accentue en quelques jours un affaissement de ce talon, dans la station debout et dans la marche, par hypotonie et atrophie des muscles jumeaux avec relâchement du tendon d'Achille.

D'autre part, se manifeste une tendance de l'animal à maintenir, sinon constamment du moins de temps en temps, le pied correspondant plus ou moins levé par flexion des segments du membre, le chien se tenant et marchant sur trois pattes.

Le soulèvement, très marqué chez le chien intact, est moins prononcé après section complète des nerfs sciatiques. Mais, en fait, même chez des chiens ayant subi la section à la fois des nerfs sciatiques et des nerfs saphènes internes — et que l'on pourrait croire ainsi totalement privés de l'innervation centripète de tout le pied, de la région du talon et de la partie inférieure de la jambe — la production du phénomène n'est pas complètement empêchée.

Nous avons alors pratiqué bilatéralement les pointes de feu après avoir en plus, d'un seul côté, réséqué le sympathique. Cette résection, pour autant que les troubles observés pouvaient être présumés d'origine réflexe, n'allait-elle pas les prévenir en supprimant la dernière voie nerveuse ?

Expérience I. — (Chien 154). 7 mars 1921 : résection de la chaîne sympathique abdominale gauche de la 2[e] vertèbre lombaire à la 2[e] sacrée. 18 mars : section des deux nerfs sciatiques à la cuisse. 28 avril : pointe de feu à chacun des talons. 29 avril : le chien manifeste assez fréquemment une asymétrie d'attitude; la cuisse gauche est fléchie et le pied nettement détaché du sol. Observation poursuivie dix jours; le phénomène devient très net et se reproduit très fréquemment dans la station et dans la marche.

Expérience II. — (Chien 155). Mêmes opérations : mêmes constatations.

Expérience III. — (Chien 165). 18 mai 1921 : résection de la chaîne sympathique abdomino-pelvienne gauche, avec dénudation de l'artère iliaque. 6 juin : section des deux nerfs sciatiques. 13 juin : section des deux nerfs saphènes internes. Pointes de feu le 15 juin au matin. Le même jour à 23 heures, le chien a été vu tenant le pied gauche levé. Le soulèvement de ce pied dans la station et dans la marche est observé avec une grande netteté jusqu'au 24 juin.

Expérience IV. — (Chien 166). Mêmes opérations que sur le chien 165 : mêmes constatations, mais à un degré un peu moins prononcé.

Ces résultats ne laissèrent pas de nous surprendre tout d'abord. Nous pensions que les sections nerveuses pratiquées à la cuisse avaient complètement privé la région intéressée par la pointe de feu de toute innervation sensible par la voie des nerfs spinaux. Or, la section de la seule voie qui pouvait vraisemblablement subsister, la voie sympathique, au lieu de déterminer — à en juger par le soulèvement du pied — la cessation des réactions, paraissait les exalter.

Un examen plus attentif révélait en même temps des modifications correspondantes de la sensibilité. Tandis que le pincement énergique des divers plans du talon à la partie inférieure du tendon d'Achille n'était suivi à droite de presque aucune réaction, à gauche un pincement semblable provoquait dès la première exploration, et à chaque fois, une réaction plus ou moins marquée de l'animal qui tournait la tête et parfois montrait les dents, qui dans tous les cas effectuait un soulèvement et retrait du pied.

Nous recherchâmes alors si, malgré ces sections nerveuses apparemment complètes à la cuisse, il n'aurait pas pu subsister quelque reste de voie nerveuse susceptible d'être encore sectionnée. C'est ce qui fut établi par les expériences suivantes.

Expérience V. — (Chien 172). 27 juin 1921 : section des deux nerfs sciatiques. 4 juillet : résection de la chaîne sympathique abdomino-pelvienne gauche, avec dénudation de l'artère iliaque. Le 11 juillet, en plus de la section des deux nerfs saphènes internes, découverte à la jambe des expansions aponévrotiques descendant des muscles postérieurs de la cuisse pour s'insérer conjointement au tendon d'Achille, section transversale complète de ces expansions qui sont ensuite suturées au catgut.

Consécutivement : aucune asymétrie de sensibilité ni, à la suite des pointes de feu pratiquées le 15 juillet, aucune asymétrie d'attitude.

Expérience VI. — (Chien 173). Mêmes opérations, mêmes constatations.

Expérience VII. — (Chien 174). Mêmes opérations, mêmes constatations.

C'est donc grâce à ce reliquat de voies sensitives ainsi descendues de la cuisse par dérivation dans ces expansions aponévrotiques que l'influence de la résection sympathique se traduisait par le renforcement de la sensibilité et le soulèvement du membre du côté correspondant.

Les traités de physiologie et les publications contemporaines ne nous fournissaient aucun éclaircissement sur de tels phénomènes. Mais nos résultats se raccordent aux faits signalés par Claude Bernard, dès l'origine de ses recherches sur le sympathique.

« Quand on extirpe le ganglion cervical supérieur chez un chat ou chez un lapin, la sensibilité se trouve augmentée dans tout le côté correspondant

de la face. C'est particulièrement sur l'œil qu'on peut constater le phénomène avec le plus de facilité. Toutefois cette espèce d'appréciation de la sensibilité exagérée est souvent difficile à obtenir par les moyens ordinaires. Mais le fait devient très évident quand on fait agir certaines substances comme le curare, par exemple, qui abolissent peu à peu la sensibilité. Ainsi quand on empoisonne un animal par une dose de curare très diluée, toutes les parties du corps où le sympathique n'a pas été coupé deviennent insensibles bien avant le côté de la face où le ganglion cervical a été enlevé (1). »

L'illustre physiologiste fit de temps en temps, par la suite, allusion à cette constatation première ; mais, plus préoccupé, semble-t-il, de l'importance et de la signification des phénomènes vaso-moteurs et thermiques, il ne poussa pas plus avant la recherche et l'explication de ces conséquences sensitives. Depuis lors, le problème ne paraît pas avoir été repris.

Les expériences que nous venons de rapporter reproduisent ce phénomène sous une forme très analogue, mais sur un autre territoire et, grâce à la différence du procédé utilisé pour apprécier la sensibilité, dans des conditions particulières de précision.

BIOLOGIE. — *Sur des fécondations hétérogènes.*

Note de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Henneguy.

Les œufs de *Sabellaria alveolata* L. et ceux de *Lineus longissimus* Sowerby, que j'ai utilisés comme matériel femelle, sont pondus immatures, au stade de vésicule germinative, plissés et déformés. Après la ponte, dans l'eau de mer, ils se déplissent, reprennent leur forme sphérique et, environ trois quarts d'heure après, on voit apparaître le premier fuseau de maturation, pourvu de deux asters. Mais la mitose s'arrête en métaphase, et si une activation n'intervient pas, la cytolyse se produit.

Sur ce matériel ovulaire, j'ai cherché à produire l'activation par le sperme d'animaux très divers, et zoologiquement très éloignés : Batraciens, Poissons, Crustacés, Mollusques. Comme on pouvait s'y attendre, les résultats ont été très irréguliers et souvent nuls. Je ne noterai que ceux qui m'ont paru les plus caractéristiques et les diviserai en trois catégories :

1° Activation par simple contact du spermatozoïde étranger, sans pénétra-

(1) *C. R. Société de Biologie*, 1851, p. 163.

TION. — *a. Sabellaria alveolata* ♀ × *Maïa squinado* ♂. — Il est tout d'abord intéressant de constater que les spermatozoïdes de *Maïa*, non seulement sont attirés par les œufs d'Hermelle et se pressent autour d'eux, mais encore sont influencés comme s'ils étaient au contact d'œufs de leur espèce. Invaginés qu'ils étaient dans leurs enveloppes, ils se dévaginent suivant le mode que j'ai décrit dans des travaux antérieurs (1). Ils viennent alors s'accoler à la surface des œufs de *Sabellaria*, de telle façon que, leurs appendices élastiques étant appliqués sur l'œuf, le noyau est en contact immédiat avec la surface de celui-ci, la tigelle centrosomienne étant tournée vers l'extérieur. De ce comportement résulte que le noyau fait pression sur la surface de l'œuf, d'où, à ce niveau, une légère concavité logeant la tête du spermatozoïde. Mais quoique ce dernier exerce une pression de contact caractéristique, je n'ai vu aucune pénétration de l'élément mâle, bien qu'il y ait ainsi une cinquantaine de spermatozoïdes accolés à l'œuf.

Il n'en résulte pas moins une activation de l'œuf. La membrane se forme, la première mitose de maturation s'achève, puis la deuxième; et, après l'expulsion des deux globules polaires, le pronucleus ♂ se divise, et l'œuf se segmente, normalement, quoique avec un peu de retard sur les œufs témoins fécondés par du sperme de *Sabellaria*. Environ 30-36 heures après, j'avais des trochosphères normales et nageantes.

Il faut remarquer cependant que le nombre de ces larves était peu considérable par rapport à celui des œufs arrêtés au stade blastula et des fragmentations en boules sans division nucléaire. Il n'en est pas moins vrai que la seule *irritation locale* produite par le spermatozoïde étranger *peut* déterminer l'activation. Il s'agit bien d'ailleurs d'une action du spermatozoïde et non du liquide spermatique, car le sperme tué à l'eau distillée ou chauffé ne donne aucun résultat.

Le sperme de *Maïa* seul, peut-être simplement à cause de la grande taille des spermatozoïdes, a pu activer les œufs de *Sabellaria*. Je n'ai obtenu que des cytolyses en boules avec le sperme d'autres Crustacés (*Carcinus moenas, Portunus puber, Inachus scorpio, Porcellana platycheles*, etc.).

Reste à savoir si l'influence mécanique suffit à l'activation, ce qui reviendrait à une activation par piqûre.

---

(1) ALPHONSE LABBÉ, *Sur la spermatogenèse des Crustacés Décapodes* (*Comptes rendus*, t. 137, 1903, p. 272), et *La maturation des spermatides et la constitution des spermatozoïdes chez les Crustacés Décapodes* (*Arch. Zool. expér.*, 4e série, vol. 2, Notes et Revues, n° 1, 1904).

Goodrich [1] vient de montrer que, chez *Nereis*, si l'on enlève le spermatozoïde dès sa pénétration, les globules polaires sont émis, bien que le contact sexuel n'ait duré que quelques minutes. Ce simple contact suffit donc à produire l'activation. Il est abusif d'en déduire, comme le fait l'auteur précédent, que le spermatozoïde active une fertilizine ovulaire, et l'on ne peut affirmer davantage que l'action mécanique est seule en cause.

b. Sabellaria ♀ × *Rana temporaria* ♂. — J'ai obtenu des résultats analogues avec ce croisement. Il n'y a pas pénétration du spermatozoïde et la segmentation commence. Mais je n'ai obtenu que deux trochosphères et la plupart des œufs subissent la fragmentation cytolytique.

2° Activation après pénétration du spermatozoïde étranger. — *a. Lineus* ♀ × *Sabellaria* ♂ nous montre la formation d'un cône d'attraction et la pénétration du spermatozoïde. Aussitôt après, la membrane se forme. La tête se gonfle, pénètre plus ou moins loin dans le cytoplasme ovulaire et peut même approcher du noyau ♀. Les globules polaires sont émis, mais il n'y a pas de caryogamie; le noyau spermatique, beaucoup plus petit que le noyau femelle, reste inerte, inactif et disparaît au stade 2 ou 4. La segmentation, d'ailleurs, n'a pas dépassé le stade 6.

b. Lineus ♀ × *Patella vulgata* ♂ donne exactement les mêmes résultats. La chromatine paternelle reste inactive et est finalement résorbée. Ce sont donc des cas analogues à ceux observés par Godlewsky, Baltzer et autres.

3° Non-activation, malgré la pénétration du spermatozoïde étranger. — Dans les croisements : *Sabellaria* ♀ × *Motella tricirrata* ♂ et *Lineus* ♀ *Blennius niger* ♂, le spermatozoïde pénètre, se gonfle et l'on peut croire à une activation. Mais le premier fuseau de maturation reste en métaphase et la cytolyse noire se produit. La notion du *catalyseur-noyau* invoquée par Bataillon paraît ici en défaut.

Ces seules expériences ne nous permettent aucune conclusion. La parenté zoologique des espèces en présence n'est pas en cause, car j'ai vainement essayé la fécondation de *Sabellaria* par d'autres Polychètes. Tout ce que nous pouvons dire, c'est que *la fécondation même très hétérogène peut sauver l'œuf de la mort, sans lui transmettre les caractères paternels; que la pénétration du spermatozoïde étranger n'est pas nécessaire pour que l'activation se produise, et que cette pénétration, lorsqu'elle s'effectue, ne détermine pas forcément l'activation.*

---

[1] Goodrich, *Rapidity of Activation in the Fertilization of Nereis* (*Biolog. Bull.*, 1921, p. 196-201).

Je dois ajouter que, lorsque le spermatozoïde pénètre, il ne se produit pas de spermaster; mais que le premier fuseau de maturation comporte deux asters. La nécessité d'une irradiation cytoplasmique déterminée ou apportée par le spermatozoïde paraît donc secondaire.

BIOLOGIE. — *Recherches biogéographiques sur la zone des marées à l'île d'Yeu.* Note de M. **P. de Beauchamp**, présentée par M. Mangin.

Comme suite à mes études bionomiques sur nos côtes océaniques, et en particulier à celle de l'île de Ré que j'ai résumée ici même ([1]), j'ai entrepris cette année, toujours avec l'aide de la Caisse des Recherches scientifiques, celle de l'île d'Yeu, peu éloignée de la précédente vers le Nord, mais très différente par sa nature géologique et sa position. Elle est constituée en effet par un granit parfois schisteux, formant des falaises assez hautes et très découpées, au lieu des longs plateaux calcaires exondables qui défendent à Ré les zones supérieures au moins de la lame, ici beaucoup plus violente d'ailleurs, vu l'éloignement du continent. Aussi toute la côte exposée au Sud-Sud-Ouest et la partie occidentale de la côte opposée appartiennent-elles au mode battu, celle qui va de Port-Joinville à la Pointe du Corbeau étant seule relativement abritée. De là, la répartition des grandes associations bionomiques que nous allons indiquer.

Sur la côte abritée, et dans les fonds de baie de l'autre, les Fucacées supérieures prennent, sans rien présenter de particulier, un développement considérable, surtout *Pelvetia* et *Ascophyllum* (assez peu abondants, chose curieuse, à l'île de Ré). Dès qu'on quitte ces points, toutes passent à l'état dissocié; les *Pelvetia* subsistent pourtant par touffes isolées, jusqu'en des endroits fort exposés, ce qui, leur hauteur absolue paraissant varier peu, fournit un excellent point de repère. Cette hauteur est voisine de 4^m au-dessus du o de la carte marine ([2]). On remarque souvent sur les flancs d'une baie une bande sombre horizontale, de quelques décimètres de largeur, formée exclusivement de *Pelvetia* au fond, de *Lichina* avec quelques touffes de celle-ci plus près du large, et qui arrive aux pointes à être recouverte par les Chthamales. Elle surmonte les Fucus continus, puis raréfiés. En ces derniers points, le *F. vesiculosus* forme des

([1]) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 1233.

([2]) Il est essentiel de remarquer, avant de comparer ces chiffres à ceux que j'ai donnés pour Ré, que, bien que l'amplitude maxima des marées diffère peu dans les deux cas (un peu plus de 7^m ici), le zéro arbitraire des cartes est placé tout différemment dans les deux régions. Il est plus haut dans la région vendéenne, de sorte que les basses mers de syzygie ont fréquemment une cote négative.

touffes isolées à tiges grêles et dressées, presque dépourvues de vésicules. L'espace libre entre elles est envahie par les Chthamales et par d'autres formes moins banales telles que l'Algue calcaire *Tenarea tortuosa* qui trouve paraît-il à Yeu la limite septentrionale de sa répartition bien qu'elle y soit aussi abondante que beaucoup plus au Sud sur la côte basque ([1]). Elle peut remonter aussi haut que les Fucus les plus élevés.

Au-dessous des *F. serratus*, à 1^m ou un peu plus du o, l'*Himantalia lorea*, espèce fort intéressante par les anomalies de sa répartition, forme à Yeu une bande aussi nette que dans les plus belles stations du Finistère, bien qu'elle disparaisse de la zone des marées dans tout le golfe de Gascogne, pour réapparaître à son autre extrémité sur la côte cantabrique comme l'a montré Sauvageau. Elle appartient à un mode moyennement battu : elle manque (comme la Ténarée) aux points calmes : les fonds de baie, et la partie de la côte spécifiée plus haut ne forme bordure que là où les Fucacées supérieures sont déjà dissociées, subsiste encore quand elles ont à peu près disparu, manque aux pointes extrêmement battues. Entre ses pieds (entre les *F. serratus*, qui descendent plus bas, aux points abrités), la roche est couverte par les touffes frisées, verdâtres l'été, de *Gigartina mamillata* (*Chondrus crispus* est plus rare et remonte moins haut). Enfin, dans tous les points où les grandes Algues ne sont pas continues, surtout dans les fentes et recoins, un rôle important est joué par les gazons très ras de Floridées que j'ai étudiés ailleurs et auxquels prennent part non seulement *Laurencia pinnatifida* et *Gigartina acicularis*, mais des *Plocamium*, des *Gelidium*, des *Corallina*.

Les Laminaires et leurs espèces associées n'apparaissent qu'au voisinage du o, mais prennent un magnifique développement. Aux pointes très saillantes elles sont précédées uniquement par ces gazons ou par des associations animales. En effet les Moules, qui apparaissent par petits groupes un peu plus près du large que les Ténarées, arrivent à y remplacer la plus grande partie des Fucus inférieurs, et les *Pollicipes* qui leur sont mêlés ont à peu près les mêmes limites, mais recherchent exclusivement les points où la lame brise sans cesse; ils arrivent à y former des masses confluentes et mamelonnées. Enfin, les Hermelles, autre association du mode battu, qu'on trouve à la même hauteur en mince vernis un peu partout, forment au voisinage des plages de sable un véritable trottoir un peu au-dessus du niveau des Himanthalies. Aux mêmes endroits (plages des Vieilles, de la Conche) les Moules recouvrent des rochers isolés au milieu du sable des baies et où manquent pourtant Ténarées et Himanthalies, ce qui montre que le voisinage du large n'influence pas seul la répartition de ces formes.

La faune associée en tous ces points est extrêmement pauvre malgré l'abondance de quelques formes banales (*Asterias glacialis*, *Actinia equina*, Crabes et Porcellanes communs). Aux revêtements des fentes et surplombs pourtant nombreux et profonds ne prennent part, avec les Eponges et les Bryozoaires, que très peu d'Ascidies (maigres *Botryllus*, *Leptoclinum*, *Amaroncium*), par place les Actinies *Corynactis viridis* et *Sagartia sphyrodeta*. et presque partout deux espèces de petits Madrépores dont je n'ai pas encore la détermination.

([1]) Le Pulmoné *Oncidiella celtica*, forme sporadique à ce niveau, paraît en fréquenter avec prédilection les touffes.

Du côté abrité, entre le port et la plage de la Conche, on rencontre des herbiers sur fond sableux (il en existe aussi quelques taches dans les baies de la côte Sud). Ils sont peu développés et dépassent à peine le niveau des Laminaires, soit le zéro, sauf quelques *Zostera nana* bordant en haut les *Z. marina*. Mais leur présence suffit pour enrichir la faune sessile, spécialement en Ascidies composées; on y retrouve comme à Ré beaucoup des espèces de Bretagne développées sur les rochers et surtout sur les Cystosires des cuvettes. Les herbiers s'entremêlent de façon irrégulière à la plage sableuse nue, qui présente une belle étendue à Kerchalon où elle est remarquable non par les Lamellibranches et Polychètes ubiquistes, mais par un groupement animal bien connu sur certaines plages bretonnes : *Echinocardium cordatum*, *Peachia hastata*, *Sipunculus nudus*, *Balanoglossus clavigerus*. En dehors de cette région les plages, dont le sable est plus remué, sont presque azoïques.

En somme, les côtes de l'île d'Yeu sont peu remarquables par le nombre et l'abondance des espèces animales; elles n'en présentent pas moins un grand intérêt biogéographique par la répartition de quelques-unes, que j'étudierai ailleurs, et par la netteté schématique avec laquelle s'y présentent et y varient les grandes associations bionomiques.

ZOOLOGIE. — *Brachyptérisme et aptérisme dans le genre* Gerris. Note de M. **R. Poisson**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

On sait que l'on peut observer chez les Ptérygotes tous les cas différents d'atrophie partielle ou de disparition complète de l'une ou des deux paires d'ailes. Pour l'étude de cette question, les Hémiptères-hétéroptères sont particulièrement favorables. Je consignerai ci-dessous mes expériences et observations sur le genre *Gerris*.

A. Matériel d'étude; *Gerris* du Calvados. — *a. Gerris* (*Limnotrechus*) *lacustris* L. Cette espèce s'observe pendant toute l'année et ne se cache qu'au moment des grands froids. Elle s'accouple et pond très tôt au printemps et peut poursuivre sa ponte très tard jusqu'à la mi-octobre. Il y a plusieurs générations par an. Les formes brachyptères et microptères [1] sont en tout temps assez communes, et même très communes fin octobre. La forme aptère est toujours rare.

b. L. thoracicus Sch. Cette espèce a le même genre de vie que *L. lacustris*; elle s'accouple et pond très tôt au printemps; les formes brachyptères et aptères sont surtout communes à cette époque.

c. L. argentatus Sch. Mêmes observations que pour *L. thoracicus*.

---

[1] *Gerris* (Hémiptères-hétéroptères) du Calvados. Polymorphisme chez *G. lacustris* L. et perte de la faculté du vol chez cette espèce (*C. Ass. fr. Av. Sc.*, Rouen, 1921).

d. L. gibbifera Sch. L'espèce est toujours macroptère et ne s'observe que pendant la belle saison.

e. G. (*Hygrotrechus*) *najas* Geer. L'espèce est normalement aptère; la forme macroptère est très rare. Cette espèce pond très tôt au printemps et ne se cache qu'au moment des grands froids.

f. H. paludum. F. L'espèce est normalement macroptère et ne s'observe que pendant la belle saison (du printemps au début de l'automne); la forme brachyptère est très rare.

B. Expériences faites en vue d'étudier l'allure générale du macroptérisme et de l'aptérisme. — *Première expérience.* — Couple A. de *L. lacustris* (¹) sous sa forme brachyptère. Sur 82 imagos provenant de ce couple, j'ai obtenu : 69 brachyptères semblables aux parents (²) et 13 macroptères normaux; il n'y a pas de formes intermédiaires.

Ce qui donne un pourcentage de 84 pour 100 de brachyptères et entre 15 et 16 pour 100 de macroptères. Les 50 premiers œufs éclos ont donné 8 pour 100 de macroptères; les 32 œufs suivants, 28 pour 100 (³).

Deuxième expérience. — Couple de brachyptères A¹, les conjoints étant les petits du couple A. Sur 52 imagos provenant de ce couple, j'ai obtenu 40 brachyptères semblables aux parents et 12 macroptères; il n'y a pas de formes intermédiaires. Le pourcentage s'établit ainsi : 76 à 77 pour 100 de brachyptères et 23 pour 100 de macroptères. Parmi les macroptères obtenus, l'un avait l'aile postérieure gauche rudimentaire; 3 autres présentaient un pronotum anormal et ne pouvaient pas voler; à la dissection, les muscles alaires semblaient normaux.

Troisième expérience. — Couple de *L. lacustris* sous sa forme macroptère. Sur 53 imagos provenant d'un couple de macroptères, j'ai obtenu 49 macroptères normaux et 4 brachyptères présentant une légère oscillation dans la longueur des élytres. Le pourcentage est donc de 92 à 93 pour 100 de macroptères et entre 7 et 8 pour 100 de brachyptères.

D'autres couples de macroptères m'ont donné uniquement des macroptères, soit 100 pour 100.

Quatrième expérience. — Couple de *L. thoracicus* sous sa forme aptère. Sur 89 imagos, j'ai obtenu 6 aptères et 83 macroptères; il n'y a pas de formes intermédiaires. Le pourcentage est donc de 6 à 7 pour 100 d'aptères et 93 pour 100 de macroptères. Parmi les 30 derniers imagos, il s'est trouvé un seul aptère.

Cinquième expérience. — Couple de *L. argentatus* sous sa forme aptère. Sur 71 imagos, j'ai obtenu 4 aptères et 67 macroptères. Les résultats sont donc identiques à ceux de l'expérience précédente.

C. Expériences faites en vue d'étudier l'action de la nourriture sur le phénomène. —

(¹) Les couples ont été formés à partir de larves à la cinquième mue, prises dans des stations et élevées au laboratoire jusqu'à la sixième et dernière mue.

(²) De légères variations individuelles seront étudiées dans un Mémoire plus détaillé.

(³) La durée du développement larvaire est sensiblement la même pour les deux formes.

Sixième expérience. — Couple de *L. lacustris* brachyptères; parents et larves ayant eu deux fois moins de nourriture que ceux de l'expérience n° 1. Sur 79 imagos, j'ai obtenu 68 brachyptères et 11 macroptères; soit 14 pour 100 de macroptères et 86 pour 100 de brachyptères. Les résultats sont donc comparables à ceux de l'expérience n° 1.

D. Action de la température. — La chaleur (15° à 30°) accélère beaucoup le développement embryonnaire et post-embryonnaire des *Gerris*. Par contre, on peut dire, d'une façon générale, qu'une température élevée ou une basse température sont nuisibles au développement des œufs et des larves. C'est ainsi, par exemple, que si l'on maintient des œufs et des larves durant 1 à 2 heures par jour à une température de 36°-40° on constate une assez forte mortalité. Ce facteur n'a aucune action marquée sur le développement des ailes.

E. Amixie (partielle tout au moins) des formes macroptères, brachyptères et aptères. — J'ai constaté que l'accouplement n'a lieu, en général, qu'entre des formes semblables : macroptères × macroptères; brachyptères × brachyptères; aptères × aptères. La réduction ou la disparition des ailes et des muscles alaires entraîne des transformations corrélatives des pièces du thorax et de l'armure génitale, qui gênent l'accouplement.

F. Anatomie microscopique des muscles alaires. — 1° *L. lacustris* : (*a*) *imagos brachyptères;* en règle générale ces formes n'ont pas de muscles alaires; cependant deux fois sur 35 thorax examinés, j'ai observé chez cette forme des muscles d'apparence normale. (*b*) *imagos macroptères;* en règle générale les muscles alaires son bien développés : trois fois cependant, sur 32 thorax examinés, je n'ai pas observé de muscles. 2° *L. thoracicus : imagos aptères;* j'ai observé deux individus dont le thorax à première vue avait les apparences d'un thorax de macroptères et qui possédaient des muscles alaires bien développés.

Conclusions. — Ainsi que Mercier (1921) l'a déjà observé chez les Diptères, il n'y a pas, chez les *Gerris*, parallélisme absolu entre la disparition des ailes et celle des muscles alaires. Mes observations montrent qu'il peut exister une indépendance complète entre muscles alaires, ailes et élytres. Pour que l'insecte conserve la faculté du vol, il faut qu'il y ait harmonie absolue dans le développement de ces différents organes et corrélation parfaite avec les pièces du thorax.

Le facteur nourriture et le facteur température ne paraissent pas jouer un rôle déterminant dans l'apparition des formes macroptères, brachyptères et aptères chez les *Gerris*. Le macroptérisme, le brachyptérisme et l'aptérisme relèvent évidemment de processus plus complexes. Le fait que macroptères, brachyptères et aptères paraissent être en amixie, et que d'autre part un couple de brachyptères ou d'aptères donne dans sa descendance des macroptères, et qu'un couple de macroptères donne dans sa descendance des brachyptères, paraît indiquer que le macroptérisme, le brachyptérisme et l'aptérisme chez ces formes sont une question de *lignée*.

Le phénomène serait analogue à celui observé par Jennings chez les Paramécies ou encore par Cuénot et Mercier et d'autres, au sujet de la greffe cancéreuse chez les souris. Il semble bien, en effet, qu'il existe des lignées de valeur différente; telle lignée donnerait par exemple 84 pour 100 de brachyptères et 15 à 16 pour 100 de macroptères (exp. 1); telle autre 7 à 8 pour 100 de brachyptères et 92 à 93 pour 100 de macroptères (exp. 3); telle autre enfin 6 à 7 pour 100 d'aptères et 93 pour 100 de macroptères (exp. 4), etc.

MÉDECINE VÉTÉRINAIRE. — *La stomatite pustuleuse contagieuse des ovins.* Note de M. **Marcel Aynaud**, présentée par M. E. Roux.

Les auteurs décrivent sous les noms de *papillome infectieux des lèvres*, *stomatite ulcéreuse du mouton*, *ecthyma contagieux des lèvres*, *chancre galonneux*, *boutonneux*, *baveux*, *noir*, une affection commune à la chèvre et au mouton, et relevant, d'après mes recherches, d'un virus spécifique. Aussi, tenant compte de la nature virulente de la maladie et de ses lésions, je propose de la dénommer *stomatite pustuleuse contagieuse des ovins*. L'affection présente de grandes analogies, tant au point de vue clinique qu'anatomo-pathologique avec le *horse-pox* et le *cow-pox*. Bénigne en elle-même, elle peut avoir de graves conséquences lorsqu'elle survient dans des troupeaux soumis à d'autres causes de contagion ou mal tenus : les ulcérations de la bouche servent de porte d'entrée à une série d'agents d'infections secondaires, et l'on peut observer de fortes mortalités par lésions pulmonaires, intestinales, mal rouge, etc.

La maladie est très fréquente chez les agneaux et extrêmement contagieuse : des précautions rigoureuses s'imposent pour se mettre à l'abri des contaminations accidentelles et pour avoir la certitude de n'opérer que sur des sujets n'ayant pas eu la maladie spontanée. Tenant compte de ces observations, j'ai pu démontrer que non seulement la maladie était transmissible par inoculation de bouche à bouche, mais encore qu'elle était inoculable à la peau. A côté de la maladie naturelle, on peut ainsi créer une maladie de laboratoire, intéressante non seulement au point de vue de la pathologie générale, mais encore au point de vue pratique, puisque sa connaissance conduit à un procédé de vaccination.

Je recueille avec un tampon de ouate stérile le produit de sécrétion d'une ulcération buccale de la maladie naturelle, et je l'inocule par scarifications

superficielles sur la peau d'un agneau de l'année : les inoculations sont faites sur la peau des aisselles ou de la face interne des cuisses; elles échouent sur les régions couvertes de laine. Le troisième jour, on observe une légère saillie le long du trait d'inoculation nettement marqué en rouge. Le quatrième jour, l'épiderme est soulevé par des vésicules dont on peut extraire un liquide clair : ce liquide, qui contient des polynucléaires puriformes, est amicrobien. Le sixième jour, le liquide devient macroscopiquement purulent quoique toujours amicrobien : les vésico-pustules commencent à se dessécher le huitième jour et donnent lieu à la production de croûtes jaunâtres qui mettent une dizaine de jours à se dessécher, puis tombent, laissant à nu l'épiderme en voie de cicatrisation. L'inoculation ne donne pas lieu à des réactions générales appréciables.

Le virus se conserve dans les croûtes desséchées : des croûtes conservées en tube stérile sont pilées au mortier en présence de glycérine; une très faible partie seulement passe en suspension; une dilution au $\frac{1}{10000}$ donne cependant une inoculation positive. On s'explique ainsi la très grande contagiosité de la maladie naturelle.

Le virus se conserve dans la glycérine, ce qui constitue un point commun de plus avec la vaccine. Mais les deux virus sont nettement différenciés par l'inoculation aux différentes espèces animales; jusqu'ici, je ne suis point parvenu à transmettre le virus de la stomatite au lapin, au cobaye.

La maladie spontanée sévit surtout chez les jeunes, et il est légitime de supposer que les sujets âgés sont immunisés parce qu'ayant eu la maladie. Mes observations expérimentales aboutissent à la même conclusion : une première atteinte confert l'immunité : cette immunité atteint une période de neuf mois dans ma plus longue observation. De ces constatations, on peut déduire un procédé extrêmement simple de vaccination. La gravité de la maladie résulte en effet de sa localisation à la cavité buccale : en raison des conditions d'existence et de nourriture du mouton, de la fréquence dans les troupeaux des infections à Preisz-Nocard, de l'ubiguïté d'autres germes (*b. de Schmorl, pneumocoques, pasteurella*) les ulcérations buccales, aggravées par le mode d'alimentation, servent de porte d'entrée à une série de germes d'infections secondaires qui font toute la gravité de la stomatite pustuleuse contagieuse. Quand on inocule la maladie sur la peau, ces complications ne se produisent pas : la peau se cicatrise à l'abri d'une croûte protectrice. Il est donc permis d'espérer qu'en inoculant la maladie par voie cutanée, on se mettra à l'abri des redoutables infections secondaires résultant de la

localisation à la bouche de la maladie naturelle, tout en conférant aux animaux inoculés une immunité solide à l'égard de cette dernière.

En terminant, il me paraît opportun de souligner la différence de sensibilité de la peau suivant qu'il s'agit d'une région glabre ou couverte de laine, tant pour signaler le point aux expérimentateurs que pour marquer l'intérêt de cette immunité localisée.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Matériaux pour la reconstruction du manuscrit* A *de Léonard de Vinci, de la Bibliothèque de l'Institut.* Note de M. **G.-B de Toni**, présentée par M. L. Mangin.

Dans ma Note précédente ([1]), j'ai donné quelques détails préliminaires à propos des feuillets arrachés vers la moitié du siècle dernier au manuscrit E de Léonard de Vinci, d'après l'examen conduit par moi-même sur les manuscrits de M. J.-B. Venturi, déposés à la Bibliothèque municipale de Reggio-Emilia. Ce savant italien, qui demeura à Paris en 1796 et 1797, eut la fortune de pouvoir transcrire du manuscrit E plusieurs passages, avant que le précieux Codex du Vinci fût mutilé, savoir des cartes, aujourd'hui manquantes, 83, 87, 88, 95 (arguments de mécanique) et 96 (notice biographique du 27 septembre 1514; rapidité du mouvement des ailes de la mouche).

Au manuscrit A, le professeur Venturi avait emprunté des passages, qui permettent la reconstruction, au moins partielle, du même manuscrit. Ce dernier était, avant le vol, constitué par 114 feuilles, tandis qu'actuellement il en compte 63; des 51 cartes arrachées, 34 constituèrent le manuscrit Ashburaham I (plus tard 2038 de la Bibliothèque nationale), dont M. Ravaisson-Mollien (*Les manuscrits de Léonard de Vinci. Le manuscrit* H *de la Bibliothèque de l'Institut; Ash.* 2038 *et* 2037 *de la Bibliothèque nationale.* Paris, Quantin, 1891; in-folio) a cherché d'indiquer pour ses cartes la numération qu'elles auraient dû avoir, lorsqu'elles étaient partie intégrante du manuscrit A original. La revision que j'ai conduite sur les copies exécutées par Venturi m'a permis de rectifier quelques attributions données avec doute par M. Ravaisson-Mollien, savoir la feuille 2 correspond à l'ancienne carte 82 du manuscrit A, la 9 est la 99, la 11 est la 91; le manus-

([1]) *Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 618 et 620.

crit Asb. I est donc composé sûrement des cartes 81 à 114 de l'ancien A (moins, au reste, la carte 112 avec laquelle on a formé la carte première du manuscrit A).

Mais où sont allées les autres 17 cartes de l'ancien manuscrit A ? D'après M. Ravaisson-Mollien (*Les manuscrits de Léonard de Vinci. Le manuscrit* A *de la Bibliothèque de l'Institut*. Paris, Quantin, 1881; in-folio), les feuillets du Codex actuel A sont chiffrés, par Léonard, au recto de 1 à 42 et de 55 à 64, puisque le feuillet 54 fut arraché, et si maladroitement que la lacération a dû être faite avec une grande précipitation. Or je puis ici donner les premières lignes des extraits tirés par Venturi à un bon nombre de cartes (c'est-à-dire à 14 cartes sur le total de 17 qui manquent), et plus exactement de celles qui étaient numérotées de 65 à 80. Voici mes indications :

Carte 65 : « Quanto più s'appressa all' occhio la similitudine della cosa a lui contraposta, più diminuisce... » (avec figure).

Carte 66 : « La vite delle triangulari volte... ».

Carte 67 : « L'ombra prima è tanto più scura... ».

Carte 69 : « Il centro di qualunque cosa sospesa si fermerà sotto il suo sostentaculo... » (avec figure).

Carte 70 : « Se l'omo si reguarderà dentro allo specchio convesso... ».

Carte 71 : « Il chiodo di carro tratto colla punta in avanti... » (avec figure).

Carte 73 : « La trave si romperà in quelle parti più deboli... » (avec figure).

« Se il suono è causato dall' istrumento o dall' aria... ».

Carte 74 « L'acqua torbida à più ponderosa è pero più cava i lochipercorsi da lei... ».

Carte 75 : « Ogni tirare fatto sopra la sua lieva... ».

Prova a conoscere se l'acqua corre più di sopra che di sotto... » (avec figure).

Carte 76 : « La parte della vite segnata a è di duplicata fortezza... » (avec figures).

Carte 77 : « La virtù visiva non si causa in un punto... ».

Carte 78 : « Quella cosa fia meglio che l'altra veduta che cade per linea cetta sopra il mezzo di ciascuno occhio infra eguali angoli... ».

Carte 79 : « Quella cosa che fia veduta in aria oscura e turba, essendo bianca, parrà di maggiore forma che non è... ».

Carte 80 : « Quell' occhio che fia fregate essendo chiuso vederà il circolo della sua luce alquanto luminoso... ».

Avec ces indications, la tentative de découvrir où ont été dispersés les précieux feuillets qui composaient jadis le manuscrit A de Léonard de Vinci sera possible, sur lequel, ainsi que sur les manuscrits B et E, le vol a apporté le plus grand dommage.

A 17 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Physique, par l'organe de M. *Bouty*, remplaçant le Doyen empêché, présente la liste suivante de candidats à la place vacante, dans la Section de Physique générale, par le décès de M. *Gabriel Lippmann* :

En première ligne	M. Marcel Brillouin
En seconde ligne, ex æquo et par ordre alphabétique	MM. Henri Abraham Aimé Cotton Charles Fabry Anatole Leduc Jean Perrin

Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17 heures trois quarts.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances d'octobre 1921.

Dynamique appliquée, par L. Lecornu. Paris, Doin, 1921, 2e édition; 2 vol. 18cm,5.

Comptes rendus du Congrès international des mathématiciens (*Strasbourg, 22-30 septembre* 1920), publiés par Henri Villat. Toulouse, Édouard Privat, 1921; 1 vol. 28cm.

Antoine Chézy. Histoire d'une formule d'hydraulique, par G. Mouret. Extrait des *Annales des Ponts et Chaussées*, II, 1921. Paris, A. Dumas, 1921; 1 vol. 25cm.

Rôle des colloïdes chez les êtres vivants. Essai de biocolloïdologie, par Auguste Lumière. Paris, Masson et Cie, 1921; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. E. Roux.)

Déodat Dolomieu, membre de l'Institut national (1750-1801). *Sa vie aventureuse, sa captivité, ses œuvres, sa correspondance*, publié par A. Lacroix. Paris, Perrin, 1921; 2 vol. 28cm.

Notions fondamentales de Chimie organique, par Charles Moureu. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1921; 1 vol. 23cm.

Les industries chimiques régionales de la France, par Paul Baud. Paris, Doin, 1921; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. Haller.)

Le parasitisme et la symbiose, par Maurice Caullery. Paris, Doin, 1921; 1 vol. 18cm,5. (Présenté par M. Henneguy.)

Verstand-contra Relativität, par Giulio Alliata. Chez l'auteur, Locarno (Schweiz), 1921; 1 fasc. 21cm.

Étude complète des spirales logarithmiques par nos méthodes élémentaire et analytique, par E.-E. Marchand Bey. Chez l'auteur, Livry-sur-Seine (près Melun) (Seine-et-Marne), 1921; 1 fasc. 25cm.

Quelques observations élémentaires sur les nombres entiers. Théorème de Fermat, par Muica. Bucarest, « Viata Romaneasca », 1921; 1 fasc. 23cm.

La distribution géographique des animaux, par E.-L. Trouessart. Paris, Doin, 1922; 1 vol. 18cm,5. (Présenté par M. Bouvier.)

Carte photographique et systématique de la Lune, par C. Le Morvan; pl. I A à XXIV A. Paris, Observatoire, 1914; 4 fasc. 50cm. (Présenté par M. Bigourdan.)

Leçons sur les fonctions entières, par Émile Borel. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1921, 2e édition; 1 vol. 24cm.

Technique of the Teat and Capillary Glass Tube, by Sir Almroth-E. Wright and Leonard Colebrook. Londres, Constable, 1921; 1 vol. 25cm.

Das Klima des Eiszeitalters, par RUDOLF SPITALER. Prague, Selbstverlag, 1921; 1 fasc. 30^{cm},5.

La gravifique einsteinienne, par TH. DE DONDER. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1921; 1 vol. 31^{cm},5.

ERRATA.

—

(Séance du 2 novembre 1921.)

Note de M. *P. Dejean*, Champ démagnétisant et paramagnétisme :

Page 770, lignes 8 et 9 en remontant (notes non comprises), supprimer l'alinéa et *lire* est plus petit, on conçoit combien.

Page 771, lignes 6 et 7 en remontant, *au lieu de* paramagnétique, *lire* paramagnétisme.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 NOVEMBRE 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BOTANIQUE. — *Recherches sur la Biologie du* Monotropa. Note de MM. **Costantin** et **Dufour.**

La découverte, dans la forêt de Fontainebleau, d'une station (¹) de *Monotropa Hypopithys* où cette espèce croissait en très grande abondance et où, à la fin du mois d'août et même en septembre et au début d'octobre, il y avait encore des feuilles et fleurs fraîches, alors que, partout ailleurs dans la forêt, la floraison était terminée et les tiges desséchées et noirâtres (²) nous a amenés à étudier cette plante.

Cette constatation nous intéressait tout particulièrement, parce que, d'après une étude de M. Rayner (³) sur le *Calluna vulgaris*, la fleur de cette plante renferme un Champignon qui a été retrouvé dans un certain nombre d'autres genres d'Éricacées (⁴). Comme le *Monotropa* forme un groupe un peu aberrant de cette même famille, il nous a paru intéressant de l'examiner à ce point de vue.

Nous sommes arrivés à cultiver, en effet, un Champignon tiré de fleurs qui n'avaient aucun caractère d'organes parasités. Nous l'avons obtenu en cultures pures et il nous a paru présenter des caractères très particuliers.

(¹) Cette station était formée d'un mélange de Pins sylvestres, de Hêtres, de Charmes et de Chênes.

(²) Notamment sous les massifs formés exclusivement de Hêtres.

(³) Rayner (Cheveley), *Ann. of Botany*, t. 29, 1915, p. 97.

(⁴) *Erica, Ledum, Rhododendron, Leiophyllum, Pieris Gaultheria, Arctostaphylos, Arbutus, Andromeda, Vaccinium, Oxycoccos, Pentapterygium.*

Pour nous rapprocher un peu de l'aliment que l'on peut supposer le plus apte à nourrir le Champignon, nous avons fait une décoction de fragments de tige de *Monotropa*. Au moyen de cette décoction, laissée telle quelle ou additionnée de glucose et de peptone, nous fabriquions un milieu solide en y ajoutant 2 pour 100 de gélose. Le Champignon se développe bien sur ce milieu.

Nous avons fait également une décoction du terreau où pousse le *Monotropa* formé de feuilles, de racines, de terre et de feutrage mycélien.

Comme nous faisions des recherches snr le *Goodycra repens* (¹), nous avons quelquefois pris pour milieu de culture une décoction de rosette de cette plante ou la terre dans laquelle elle pousse; les cultures ont réussi sur ce milieu.

On peut aussi employer avec succès la liqueur de de Knop, additionnée, comme les liquides précédents, de 2 pour 100 de gélose.

Enfin, nous avons fréquemment utilisé la carotte.

Les caractères des cultures nous ont paru très frappants. Deux aspects très singuliers nous paraissent surtout mériter d'être cités.

Quand le Champignon s'enfonce dans le milieu gélose, il se ramifie très vigoureusement en s'ordonnant en filaments qui, par des divisions répétées, rappellent un chevelu de radicelles; nous caractériserons ce mode de végétation par le nom d'aspect *rhiziforme*. Les filaments s'épaississent à leur extrémité qui devient comme bosselée, irrégulière, se ramifiant d'une manière répétée souvent presque à angle droit. De la surface de ces cordons terminaux partent au début de très fins filaments mycéliens rayonnant dans toutes les directions. Quand ces extrémités en massue arrivent au contact de l'air, on voit à la surface comme une série de gonflements en grains de chapelets se touchant souvent; ces glomérules sont produits par des cellules qui bourgeonnent, noircissent et s'enkystent, formant des sortes de chlamydospores noires arrondies (11^{μ}-16^{μ}).

2° Quand les filaments mycéliens atteignent en majorité la surface du substratum gélosé on a un aspect tout autre et encore plus saisissant. Toute la surface devient *noire, comme laquée*. On y voit un revêtement de filaments noirs et aussi des chlamydospores noires semblables à celles citées plus haut.

Nous avons observé des transitions entre les deux aspects. Parfois le milieu gélosé reste translucide à la partie supérieure où l'on observe l'aspect rhiziforme et il devient laqué noir vers le bas.

Sur carotte les vieilles cultures offrent d'ordinaire l'aspect noir uniforme non aussi nettement lisse que dans le cas de milieux gélosés.

Quelquefois sur milieu gélosé, mais plus souvent sur carotte, le mycélium forme un

(¹) Costantin et Dufour, *Rev. génér. de Bot.*, 1920, p. 529.

gazon court d'abord blanc, puis grisâtre, gris brun et plus tard entièrement noir, ou garde sur une partie ou sur toute sa surface la couleur grise, ne noircissant ainsi que partiellement ou en aucun point.

Ce Champignon a des caractères de végétation et de reproduction si spéciaux (plaque noire laquée, aspect rhiziforme) qu'ils nous conduisent à admettre son autonomie spécifique. Aussi, en attendant que la découverte de ses autres modes de reproduction permette d'en découvrir les affinités, nous proposons le nom provisoire de *Monotropomyces nigrescens*. Il est possible qu'il ait une parenté avec les *Phoma* et *Phyllophoma* mentionnés par M. Rayner et Mlle Charlotte Ternetz (1) chez les Éricacées proprement dites. Jusqu'ici nous n'avons jamais vu apparaître les bouteilles noires qui constituent le caractère des *Phoma*.

MÉDECINE. — *Sur les sensibilisatrices tuberculeuses.*
Note de MM. **A. Calmette**, **L. Nègre** et **A. Boquet**.

Le rôle des sensibilisatrices (ou anticorps) dont la réaction dite de fixation du complément, de Bordet-Gengou, permet de constater la présence dans le sérum des sujets infectés de tuberculose, est encore mal déterminé. Les recherches nombreuses dont elles ont été l'objet récemment apportent de nouvelles preuves à ce fait, démontré par l'un de nous dès 1910 (2) que, contrairement à l'hypothèse énoncée par Wassermann et Bruck, ces sensibilisatrices ne possèdent ni *in vitro*, ni *in vivo*, de propriétés neutralisantes vis-à-vis des tuberculines.

Les sérums de malades n'en renferment le plus souvent que de minimes quantités dont le dosage précis est difficile, ce qu'atteste la multiplicité des techniques proposées pour les rendre décelables. Mais on peut les obtenir expérimentalement en injectant à de grands animaux, tels que le bœuf ou le cheval, des doses ménagées de bacilles tuberculeux ou d'extraits aqueux de ces bacilles.

On parvient ainsi aisément à produire des sérums dont 1^{cm^3} fixe, en présence d'un antigène tuberculeux convenablement choisi, 125 fois la dose d'alexine (du sérum frais de cobaye) capable d'activer un sérum hémolytique inactivé, c'est-à-dire 125 *unités d'alexine* (3).

(1) Charlotte Ternetz, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, t. 44, p. 353.
(2) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 285; t. 153, 1911, p. 420.
(3) Cf. *Société de Biologie*, 6 janvier 1912.

En nous adressant à la race de bacille, devenue avirulente et non tuberculigène, utilisée par l'un de nous avec C. Guérin pour des essais de vaccination des bovidés contre la tuberculose (bacille d'origine bovine cultivé pendant 210 passages successifs sur pomme de terre+bile de bœuf glycérinée à 5 pour 100), et en injectant de fortes doses de ce bacille, complètement inoffensif, dans les veines de chevaux, nous avons pu obtenir des sérums d'une richesse exceptionnelle en sensibilisatrices. C'est ainsi qu'une saignée nous a fourni un sérum dont 1^{cm^3} fixait jusqu'à 9.600 *unités d'alexine*.

Un tel sérum devait nous permettre l'étude, plus précise qu'elle n'a pu être effectuée jusqu'à présent, des fonctions que les sensibilisatrices tuberculeuses sont susceptibles de remplir dans la défense de l'organisme contre l'infection par le bacille de Koch.

Nos expériences ont eu principalement pour objet d'établir si un sérum particulièrement riche en sensibilisatrices est capable, soit de *lyser in vitro* les bacilles, soit d'exercer une action d'arrêt sur l'évolution des lésions tuberculeuses chez les animaux artificiellement infectés avec des bacilles virulents.

Pour nos essais de *bacillolyse in vitro* nous nous sommes servis parallèlement d'un exsudat péritonéal de cobaye sain et de cobaye tuberculisé depuis cinq semaines (exsudat préparé par injection, 8 heures avant le prélèvement, d'une émulsion stérile de mie de pain dans l'eau physiologique).

Nous laissions en contact à l'étuve à 38°, dans des tubes, pendant des temps variables jusqu'à 21 jours, de 1^{cm^3} à 4^{cm^3} d'exsudat additionné d'une petite quantité d'émulsion très fine de bacilles (titrée à $0^{mg},01$ par centimètre cube d'eau physiologique) et de sérum sensibilisateur ou, dans des tubes *témoins*, de sérum de cheval normal.

Les préparations, faites à intervalles réguliers et colorées au Ziehl, ont montré, jusqu'à la fin de l'expérience, les bacilles presque tous phagocytés, mais morphologiquement intacts et ayant conservé toute leur acido-résistance.

Contrairement à ce qu'ont admis Maragliano, Louis Teissier et Fernand Arloing, Rappin et quelques autres auteurs, les sensibilisatrices du sérum de cheval préparé comme il est dit ci-dessus ne déterminent donc aucune dissolution de l'enveloppe des bacilles, soit dans les leucocytes de cobaye sain, soit dans les leucocytes de cobaye tuberculeux.

Pour la recherche de la bacillolyse *in vivo*, nous avons fait les expériences suivantes :

Cobaye sain n° 1 *témoin* reçoit dans le péritoine $0^{mg},01$ de culture de tuberculose + 1^{cm^3} d'eau physiologique + 10^{cm^3} de sérum de cheval normal.

Cobaye sain n° 2, $0^{mg},01$ de tub. + 1^{cm^3} H^2O physiologique + 5^{cm^3} de sérum (de cheval) sensibilisateur.

Cobaye sain n° 3, $0^{mg},01$ de tub. + 1^{cm^3} H^2O physiologique + 10^{cm^3} de sérum sensibilisateur.

Cinq semaines après, les cobayes 2 et 3 étant morts avec des lésions très étendues de péritonite tuberculeuse, on sacrifie le cobaye 1 qui est trouvé porteur de nombreux nodules tuberculeux sur l'épiploon et dans les ganglions sous-lombaires.

Le sérum sensibilisateur, loin d'avoir protégé les cobayes, paraît avoir aggravé et hâté l'évolution de la maladie. On peut donc penser qu'il contient, ou qu'il libère de l'intérieur des bacilles, *sans modifier l'aspect morphologique de ces derniers,* certaines substances favorisant l'infection.

Dans d'autres expériences nous avons injecté le sérum sensibilisateur à la dose de $1^{cm^3},5$, chaque jour pendant deux semaines, sous la peau de cobayes préalablement infectés par instillation oculaire. Le traitement était commencé 14 jours après l'infection.

Non seulement les résultats ont été nuls, mais les animaux traités, morts dans les mêmes délais que les témoins, présentaient des lésions plus étendues.

Enfin nous avons constaté qu'en injectant dans les veines du lapin, ou dans le péritoine de cobayes tuberculeux, des mélanges de $0^{g},01$ de tuberculine brute de Koch avec 5^{cm^3} de sérum sensibilisateur (le mélange restant en contact pendant plusieurs heures à l'étuve), ni la réaction thermique spécifique, ni les accidents d'intoxication, suivis de mort, ne sont modifiés.

Nous devons donc conclure que les sensibilisatrices antituberculeuses du sérum de cheval préparé, même employées à doses considérables (jusqu'à près de 100000 *unités*), n'ont aucun pouvoir bactéricide et sont incapables de provoquer la lyse, soit *in vitro*, soit *in vivo,* du bacille tuberculeux; qu'elles ne neutralisent pas la tuberculine et qu'elles n'exercent aucune action favorable sur la marche de l'infection tuberculeuse.

Il apparaît évident que ces sensibilisatrices dont, par la réaction de Bordet-Gengou, on décèle la présence dans le sérum des malades, ne doivent être envisagées que comme des *témoins de l'infection*.

Il semble, par conséquent, vain de placer le moindre espoir dans l'utilisation thérapeutique des sensibilisatrices (ou anti-corps) contenues dans les sérums dits *antituberculeux*.

M. E. **Bouty** fait hommage à l'Académie d'une *Notice nécrologique* qu'il vient d'écrire sur *Gabriel Lippmann*.

M. **Gaston Bonnier** fait hommage à l'Académie du tome I d'un ouvrage de feu **J. Laurent**, intitulé : *La végétation de la Champagne crayeuse*, pour lequel il a écrit un *Avant-propos*.

M. A. **Brachet**, par l'organe de M. Henneguy, fait hommage à l'Académie de son *Traité d'Embryologie des Vertébrés*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Physique générale, en remplacement de M. *G. Lippmann*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 58,

M. Marcel Brillouin	obtient	46 suffrages
M. Charles Fabry	»	9 »
M. Jean Perrin	»	2 »
M. Paul Langevin	»	1 suffrage

M. **Marcel Brillouin**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

Par la majorité des suffrages exprimés, M. **Daniel Berthelot** est élu Membre de la *Commission interuniversitaire de coordination des Services de Physique du Globe de Paris et de Strasbourg*.

CORRESPONDANCE.

M. A. **Baldit** adresse un Rapport relatif sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1912.

MM. *B. Berloty*, au nom de l'**Observatoire de Ksara**, et A. **Guillet** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur la *Fondation Loutreuil*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *The* Talcott *method of determining latitude.*

2° *On some antiquities in the neighbourhood of Dunecht House Aberdeenshire*, by the Right Rever. Bishop G. F. Browne.

3° Observatoires Jarry-Desloges, temporairement à Sétif et à Laghouat. *Observations des surfaces planétaires* (*Mars — Saturne — La Lune — Vénus — Mercure — Jupiter — Uranus — Neptune*), fascicule IV (1913 et 1914). (Présenté par M. G. Bigourdan.)

M. E. **Hérouard** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Anatomie et Zoologie, par le décès de M. *Edmond Perrier*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés des fonctions croissantes.* Note de M. **Théodore Varopoulos.**

1. Soit une fonction $\mu(x)$ croissante (continue) et tendant vers l'infini avec x, assujettie seulement à la condition de croître plus vite que toute puissance finie de x, pour toute valeur assez grande de x, sauf, peut-être, quelques intervalles exceptionnels. Nous voyons bien qu'il s'agit d'une classe de fonctions très générale.

Pour ces fonctions nous allons établir, dans cette courte Note, le théorème suivant :

Étant donné un nombre θ positif et supérieur à l'unité (quelconque), s'il existe des valeurs de x ne satisfaisant pas à l'inégalité suivante

$$\mu[x + e^{\mu(x)}] > \mu(x)^{\theta},$$

ces valeurs exceptionnelles remplissent des intervalles d'étendue totale finie.

Le théorème que nous venons d'énoncer n'est pas valable pour les fonctions qui croissent comme

$$\log_\nu x \qquad (\nu = 1, 2, 3, \ldots),$$

mais, pour ces fonctions, nous avons déjà obtenu (¹) des quantités dont l'addition à x altère l'ordre de croissance de la fonction croissante $\mu(x)$.

2. Soit une fonction $\mu(x)$ croissante et continue quelconque. Nous avons la proposition suivante valable pour toute la croissance :

Théorème. — *Une fonction croissante quelconque vérifie l'inégalité*

$$\mu\left[x + \frac{1}{\mu(x)}\right] < (1 + \varepsilon)\,\mu(x)$$

($\varepsilon > 0$ *quelconque*) *partout sauf, peut-être, dans des intervalles exceptionnels d'étendue totale finie.*

La longueur totale d'une suite d'intervalles exceptionnels situés à droite d'une valeur $x = x_0$ *ne dépasse pas la quantité* $\left(1 + \frac{1}{\varepsilon}\right)\frac{1}{\mu(x_0)}$.

Enfin, signalons que si nous posons

$$\mu(x) = \log f(x),$$

nous tombons dans l'inégalité

$$f\left[x + \frac{1}{\log f(x)}\right] < f(x)^{1+\varepsilon},$$

exprimant la proposition fondamentale de M. Borel.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions entières ou méromorphes.* Note de M. Gaston Julia.

I. Soit $f(z)$ une fonction entière; k étant un entier positif > 1, on forme la famille des

$$f_n(z) = f(z^{k^n}) \qquad (1)$$

(¹) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 693.

obtenue en remplaçant z par les itérées successives de $z_1 = z^k$. Par la méthode que j'ai exposée dans un Mémoire précédent ([1]), on démontre aisément que, C étant un cercle quelconque de centre O, de rayon $r > 1$ et C_1 le cercle de rayon r^k, il existe dans la couronne (C, C_1) au moins un point z_0 autour duquel la famille des f_n n'est pas normale. Dans l'ensemble des aires $\varpi_n = (\varpi_0)^{k^n}$, $n = 1, 2, \ldots, \infty$, décrites par z^{k^n} quand z décrit un cercle ϖ_0 arbitrairement petit de centre z_0, $f(z)$ prend toute valeur finie, sauf peut-être une seule. La même propriété appartient à tous les points du cercle $|z| = |z_0|$ passant par z_0. L'ensemble $\mathcal{E}$ des points où la famille des f_n n'est pas normale est formé d'un ensemble (infini) de cercles de centre O, invariant par les substitutions $(z|z^k)$ et $\left(z\middle|z^{\frac{1}{k}}\right)$. Le cercle $|z| = 1$, lieu des points où les itérées de z^k ne forment pas une famille normale, appartient à $\mathcal{E}$.

La propriété des points de $\mathcal{E}$ n'est pas intéressante pour les arguments des racines de $f(z) - a = 0$ [a valeur ordinaire quelconque], car l'aire $(\varpi_0)^{k^n}$, ϖ_0 étant donné, contient toujours, pour $n > n_0$, une couronne circulaire de centre O. Elle n'est intéressante que pour les *modules* de ces racines, et au lieu de considérer un petit cercle ϖ_0 entourant z_0, il revient au même de considérer une couronne dont les cercles ont pour rayons $r_0(1-\varepsilon)$, $r_0(1+\varepsilon)$, r_0 étant le module de z_0, ε arbitrairement petit. D'une façon générale, toute couronne Γ encadrant un des cercles dont est composé l'ensemble $\mathcal{E}$ donnera naissance, par itération, à un ensemble de couronnes qu'on désigne en abrégé par Γ^{k^n}, et dans lesquelles $f(z)$ prend toute valeur (sauf peut-être une) une infinité de fois.

Les considérations précédentes valent encore pour toute fonction méromorphe ayant au moins une valeur asymptotique.

II. Il faut remarquer que dans un grand nombre de cas, $\mathcal{E}$ se compose de tout le plan z ou du moins de la partie extérieure au cercle $|z| = 1$.

C'est le cas pour $f(z) = e^z$ et, d'une façon générale pour toutes les fonctions entières *ayant une valeur asymptotique finie*, classe de fonctions qui contient celles ayant une valeur exceptionnelle finie. La même propriété est vraie de toute fonction méromorphe ayant deux valeurs asymptotiques distinctes. Et elle tient à ce que, dans toute couronne, comprise entre deux cercles consécutifs de $\mathcal{E}$, où la famille des $f(z^{k^n})$ est normale, cette famille a pour unique fonction limite, pour $n = \infty$, la constante infinie, dans le cas

---

([1]) *Ann. Ec. Norm. sup.*, 1920, et *Comptes rendus*, t. **168**, 1919.

où $f(z)$ est entière, et ceci est contredit par l'existence de la valeur asymptotique finie.

III. Au lieu de considérer les itérées de $z_1 = z^k$, prenons les itérées d'un polynome quelconque $z_1 = P(z)$ et considérons le domaine $\mathcal{D}_\infty$ que l'on appelle *domaine de convergence immédiat* vers l'infini, pour l'itération de $P(z)$ [on pourrait remplacer $P(z)$ par une fonction rationnelle, $R(z)$ admettant l'∞ pour pôle multiple, et telle que, dans le domaine $\mathcal{D}_\infty$, $R(z)$ n'ait pas d'autre pôle que l'∞]. $\mathcal{D}$ est borné par un ensemble parfait E', tout entier à distance finie; en aucun point de E' la famille des itérées $P^{(n)}(z)$ n'est normale. Dans l'exemple du I, E' c'est le cercle $|z| = 1$. Formons la famille des $f_n(z) = f[P^{(n)}(z)]$ et étudions-la dans le domaine $\mathcal{D}_\infty$ qui contient le point essentiel de la fonction entière $f(z)$. Les circonstances sont analogues à celles du I. Un théorème de Böttcher prouve en effet l'existence d'une fonction $\Phi(z)$, holomorphe à l'infini, et telle que

$$\Phi[P(z)] = [\Phi(z)]^k \qquad [k \text{ degré de } P(z)].$$

Posant $Z = \Phi(z)$ le voisinage du point $z = \infty$ sera représenté conformément sur celui du point $Z = \infty$, et aux cercles $|Z| = \text{const.}$ correspondront des courbes analytiques Γ fermées s'enveloppant mutuellement à l'infini. A l'espace compris entre deux cercles $|Z| = r$ et $|Z| = r^k$ correspond la couronne limitée par les courbes $\Gamma |\Phi(z)| = r$ et $\Gamma_1 |\Phi(z)| = r^k$.

Si la couronne (Γ, Γ_1) est soumise à l'itération indéfinie de $z_1 = P(z)$, on arrive à recouvrir tout l'extérieur de Γ.

Ceci étant, il y a dans (Γ, Γ_1) au moins un point z_0 où la famille des $f_n = f[P^{(n)}(z)]$ n'est pas normale. On en conclut, comme au I, qu'en aucun point de la courbe $|\Phi(z)| = |z_0|$ ladite famille n'est normale. Les courbes $|\Phi(z)| = \text{const.}$ remplacent ici les cercles $|z| = \text{const.}$ du I. L'ensemble $\mathcal{E}_P$ des points où la famille précédente n'est normale, comprend, au voisinage du point à l'infini, une famille de courbes fermées analytiques $|\Phi(z)| = \text{const.}$ s'enveloppant mutuellement jusqu'à l'infini, et toutes celles qui s'en déduisent en prenant toutes les antécédentes de ces courbes à l'aide des fonctions inverses des itérées $P^{(n)}(z)$, ces fonctions inverses pouvant s'appeler $P^{(-n)}(z)$. L'ensemble des courbes ainsi obtenues a pour limite l'ensemble E' signalé précédemment. L'ensemble $\mathcal{E}_P$ est *fermé* et il contient E'. $P(z)$ étant fixé, il arrivera que, pour un grand nombre de fonctions entières, $\mathcal{E}_P$ *recouvre tout le domaine* $\mathcal{D}_\infty$. Ceci arrivera certainement dans les cas énumérés au II [valeur asymptotique finie et fonctions méromorphes ayant au moins deux valeurs asymptotiques distinctes]. On voit

ainsi que *les résultats essentiels établis au I et II pour* $P(z) = z^k$ *sont vrais pour un polynome quelconque,* les courbes $|\Phi(z)| = \text{const.}$ remplaçant les cercles $|z| = \text{const.}$

Le cas linéaire $P(z) = sz$, $|s| > 1$, est tout à fait à part. C'est celui que j'ai traité dans mes publications citées plus haut.

Ici E' se réduit à *un point* qui est $z = 0$ et chaque point z_0 de l'ensemble $\mathcal{E}_s$ se détermine *individuellement,* sans entraîner avec lui dans l'ensemble $\mathcal{E}$ tous les points d'une courbe $[|\Phi(z)| = \text{const.}]$ passant par ce point. C'est pour cela que, dans le cas linéaire, $\mathcal{E}$ a pu être discontinu pour certaines fonctions entières.

La considération de l'ensemble $\mathcal{E}_P$ relatif à un polynome $P(z)$, pour les fonctions ayant un point singulier essentiel isolé à l'infini, m'a été utile à plusieurs reprises et j'en donnerai des applications.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la résistance des fluides visqueux.* Note [1] de M. **Riabouchinski**, présentée par M. G. Kœnigs.

On met actuellement à la base de l'étude de la résistance des fluides réels le théorème d'Euler. Ce théorème se rapporte au mouvement permanent d'un fluide parfait. Nous nous proposons d'appliquer dans la présente Note le théorème des projections et des moments des quantités de mouvement au cas plus général des mouvements non permanents d'un fluide visqueux incompressible. En raison des équations générales du mouvement des milieux continus et en rapportant le mouvement du fluide à un système d'axes mobiles $Ox, y, z(u_0, v_0, w_0, p, q, r)$, on peut écrire

$$\iint_{S_1} p_{nx}\,d\sigma + \iint_{S_2} p_{nx}\,d\sigma = \rho \iiint_V \left(\frac{\partial u}{\partial x}u' + \frac{\partial u}{\partial y}v' + \frac{\partial u}{\partial z}w' + qw - rv + \frac{\partial u}{\partial t}\right)d\tau;$$

u, v, w sont les projections sur les axes mobiles de la vitesse absolue W; u', v', w' celles de la vitesse relative W' et $(p_{nx}\,d\sigma)$ la projection sur l'axe Ox de l'effort élémentaire agissant sur la face négative de l'élément $d\sigma$,

$$p_{nx} = -pl + \mu\frac{\partial u}{\partial n} + \mu\left(\frac{\partial u}{\partial x}l + \frac{\partial v}{\partial x}m + \frac{\partial w}{\partial x}n\right).$$

Les intégrales doubles s'étendent à tous les éléments des surfaces fermées S_1 et S_2, et l'intégrale triple au volume V limité intérieurement par la surface S_1 et extérieurement par la surface S_2. En supposant que le trièdre

(1) Séance du 14 novembre 1921.

mobile est invariablement lié à un corps solide dont la surface S_1 est la paroi, en désignant par P la projection sur l'axe Ox de la résultante des efforts agissant sur la paroi du solide, en remarquant que la vitesse normale relative W'_n est nulle sur S_1, on obtient, en raison du théorème de Green,

$$(1)\qquad \mathfrak{P}=\iint_{S_2}(-p_{nx}+\rho u W'_n)\,d\sigma+\rho\iiint_V (qu-rv)\,d\tau+\rho\iiint_V \frac{\partial u}{\partial t}\,d\tau.$$

Admettons que la surface S_2 est une surface idéale invariablement liée aux axes mobiles; W'_n exprime alors la composante normale de la vitesse relative du fluide qui s'écoule à travers cette surface. On obtient deux expressions analogues pour les composantes $\mathfrak{Q}$ et $\mathfrak{R}$. On obtient de même, comme expression du moment par rapport à l'axe Ox,

$$(2)\qquad \begin{aligned}\mathfrak{L}=&\iint_{S_2}[y(-p_{nz}+\rho w W'_n)-z(-p_{nz}+\rho v W'_n)]\,d\sigma\\&+\rho\iiint_V[(wv_0-vw_0)+r(wx-uz)+q(vx-uy)]\,d\tau\\&+\rho\iiint_V\left(y\frac{\partial w}{\partial t}-z\frac{\partial v}{\partial t}\right)d\tau,\end{aligned}$$

et deux expressions analogues pour les deux autres composantes $\mathfrak{M}$ et $\mathfrak{N}$ du couple.

Si le solide est animé d'un mouvement hélicoïdal uniforme suivant l'axe Ox et est symétrique par rapport à cet axe, si, en plus, le mouvement du fluide est permanent, dans le volume V, par rapport aux axes liés au solide, on a

$$\mathfrak{P}=\iint_{S_2}(-p_{nx}+\rho u W'_n)\,d\sigma,\qquad \mathfrak{Q}=0,\qquad \mathfrak{R}=0,$$

$$\mathfrak{L}=\iint_{S_2}[y(-p_{nz}+\rho w W'_n)-z(-p_{ny}+\rho v W'_n)]\,d\sigma;\qquad \mathfrak{M}=0,\qquad \mathfrak{N}=0.$$

En multipliant les six équations de la forme (1) et (2) et respectivement par u_0, v_0, w_0, p, q, r et en les ajoutant, on obtient comme expression de la puissance

$$(3)\qquad \begin{aligned}\mathfrak{T}=&\mathfrak{P}u_0+\mathfrak{Q}v_0+\mathfrak{R}w_0+\mathfrak{L}p+\mathfrak{M}q+\mathfrak{N}r\\=&\iint_{S_2}[\bar{u}(-p_{nx}+\rho u W'_n)+\bar{v}(-p_{ny}+\rho v W'_n)+\bar{w}(-p_{nz}+\rho w W'_n)]\,d\sigma\\&+\rho\iiint_V\left(\bar{u}\frac{\partial u}{\partial t}+\bar{v}\frac{\partial v}{\partial t}+\bar{w}\frac{\partial w}{\partial t}\right)d\tau,\end{aligned}$$

$\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$ sont les composantes de la vitesse d'entraînement $\overline{W}$.

Si le mouvement du fluide est permanent, dans le volume V, par rapport aux axes liés au solide, l'intégrale triple de l'équation (3) s'annule.

Dans les fluides réels à très petit frottement, on admet généralement qu'il se forme près des parois du solide une mince couche avec une variation rapide de la vitesse selon la normale à la paroi et qu'en dehors de cette couche le mouvement du fluide n'est pas affecté par la viscosité. Appliquons à un pareil mouvement, considéré comme permanent par rapport aux axes mobiles dans le volume V, le théorème de Bernoulli dans le mouvement relatif

$$p + \frac{1}{2}\rho W'^2 - \frac{1}{2}\rho \overline{W}^2 + K = 0.$$

La grandeur K est constante le long de tous les filets qui ne traversent pas la couche mince susdite. Le long des filets qui traversent cette couche, la grandeur K est constante en dehors de la couche, mais elle possède des valeurs différentes avant et après le passage de la couche. En supposant que la surface S_2 est tracée en dehors de la couche mince où l'on ne peut négliger l'effet des frottements, on aura sur cette surface

$$p_{nx} = -pl, \qquad p_{ny} = -pm, \qquad p_{nz} = -pn,$$
$$\rho(u\overline{u} + v\overline{v} + w\overline{w}) = \frac{1}{2}\rho W^2 + p + K.$$

En substituant ces valeurs dans l'équation (3), on a

$$\mathfrak{C} = \int\int_{S_2} \left[\left(\frac{1}{2}\rho W^2 + p + K\right) W'_n + p\overline{W}_n\right] d\sigma.$$

Les formules que nous avons obtenues dans cette Note trouvent de nombreuses applications dans le domaine de la résistance des fluides réels.

ASTRONOMIE. — *Nouveaux éléments de variation lumineuse de l'étoile variable à éclipses* VV Orionis. Note de MM. **H. Grouiller** et **J. Ellsworth**, présentée par M. B. Baillaud.

Au cours d'une étude d'ensemble des étoiles variables à éclipses, que nous effectuons à l'Observatoire de Lyon, nous avons constaté que beaucoup des difficultés rencontrées dans l'explication des circonstances diverses qui accompagnent la variation lumineuse de ces astres, ne peuvent être levées par suite de l'imprécision des éléments et des courbes de lumière relatifs à un certain nombre de ces étoiles.

Nous avons, en conséquence, poursuivant et développant l'œuvre de M. Luizet, organisé un service d'observation systématique de ces étoiles variables. Nous nous sommes, dans ce but, assuré le concours de quelques-uns des membres de l'Association d'observateurs d'étoiles variables, qui vient d'être créée en France par M. J. Mascart, et dont le siège est à l'Observatoire de Lyon.

Nous nous sommes proposé, en particulier, de discuter 300 observations de l'étoile à éclipses VV *Orionis*, effectuées du 3 novembre 1916 au 11 mars 1921, par M. J. Ellsworth, et publiées dans le *Bulletin de l'Observatoire de Lyon* (1).

Après avoir effectué sur les dates de ces observations la correction héliocentrique, nous avons déterminé directement 11 époques approchées de minima d'éclat, et nous les avons comparées à celles que donnent les éléments de Hertzsprung (2) utilisés jusqu'à ce jour :

$$\text{Min. héliocentr.} = 2418\,835,27 + 1^{j},4854\,E.$$

Les différences entre les époques observées et calculées furent trouvées très considérables : de l'ordre de grandeur de la période elle-même. De plus, elles affectent une allure systématique qui montre très nettement que la période de Hertzsprung est trop courte.

Nous avons alors utilisé les observations effectuées au voisinage des minima pour construire une courbe provisoire de lumière : ayant rapporté ces observations dans chaque série aux minima correspondants, nous les avons groupées autour d'une origine commune. La courbe obtenue nous a permis de calculer des valeurs plus précises des dates des minima déjà utilisés et de déterminer 10 nouvelles époques de minima.

En raison de l'importance et de l'irrégularité des résidus que donnaient les éléments de Hertzsprung, une grande incertitude régnait sur le nombre des périodes écoulées entre certains des minima, séparés par des intervalles de temps de l'ordre d'une année. Avant de traiter par la méthode des moindres carrés les 21 minima dont nous disposions, il était nécessaire d'apporter une première rectification à la période, de façon à connaître exactement l'ordre par rapport à une origine donnée de chacun des minima observés. Nous avons calculé cette correction en prenant la moyenne des

(1) 3e année, août et septembre 1921, nos 8 et 9.

(2) *Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft*, 55. Jahrgang, Drittes und Viertes Heft, 1920.

corrections particulières, résultant de chacun des intervalles de deux minima pour lesquels il n'y avait pas ambiguïté quant au nombre des périodes comprises à leur intérieur. Nous avons été ainsi conduit à ajouter à la periode de Hertzsprung la quantité

$$\Delta P = +0^{j},009.$$

Connaissant d'une manière exacte le nombre des périodes comprises entre les divers minima, nous avons divisé l'intervalle de temps

$$2422748,230 - 2421272,377 = 1475^{j},853$$

qui sépare nos déterminations extrêmes de minima par le nombre de périodes correspondant, soit 988. Nous avons obtenu ainsi une valeur très approchée de la période

$$P_1 = 1^{j},49378$$

qui réalise, sur celle de Hertzsprung, une correction importante de $+0^{j},00838$, d'ailleurs très voisine de la correction $\Delta P = 0^{j},009$ que nous avions calculée ci-dessus, en première approximation, par une méthode différente.

Nous avons alors introduit cette nouvelle période P_1 dans les éléments de Hertzsprung, et comparant nos observations aux époques calculées à l'aide de ces nouveaux éléments nous avons déterminé, par la méthode des moindres carrés, les corrections à apporter à l'époque origine O choisie par Hertzsprung, et à la période P_1, pour que la représentation des observations soit la plus satisfaisante possible. Nous avons trouvé ainsi

$$\Delta O = +0^{j},00091 \quad \text{et} \quad \Delta P_1 = +0^{j},000044.$$

Nous avons, en conséquence, adopté comme valeur finale des éléments

$$\text{Min. héliocentr.} = 2419835,27091 + 1^{j},493824\,\text{E}.$$

La correction ΔO de l'origine est très faible, par contre la correction de la période de Hertzsprung atteint en définitive la valeur considérable de $0^{j},008424$.

L'erreur moyenne, correspondant aux nouveaux éléments, d'une détermination d'un minimum, a pour valeur $\varepsilon = \pm 0^{j},0767$. Elle paraît très considérable à première vue, mais l'examen des résidus que nous avons obtenus nous a montré que les divergences encore relativement importantes, qui existent entre l'observation et le calcul, ne sont pas dues aux seules erreurs accidentelles : l'allure de ces résidus indique, en effet, que

ces différences ont une origine principalement systématique; elles sont dues, très probablement au fait que la période de VV *Orionis*, comme celle d'un certain nombre d'étoiles à éclipses du type Algol n'est pas rigoureusement constante, mais oscille autour d'une valeur moyenne qui est celle que nous avons calculée ci-dessus. Nous ne possédons toutefois pas encore assez d'observations pour déterminer la nature de cette variabilité.

Nous donnerons communication de nos résultats de calcul dans un autre Recueil.

PHYSIQUE. — *Sur la tension superficielle des liquides électrisés.* Note de M. **Félix Michaud**, présentée par M. E. Bouty.

1. La tension superficielle d'un liquide, en contact avec un gaz non conducteur, change-t-elle sous l'influence d'une électrisation de surface? La question a été étudiée expérimentalement par Herwig (1), C. M. Smith (2), Nichols et Clark (3), et Samuel J. Barnett (4), qui concluent à un affaiblissement de la tension superficielle (5). Cet affaiblissement peut atteindre, d'après Nichols et Clark, 25 pour 100 de la valeur normale. Mais l'interprétation que ces divers physiciens ont donnée, de leurs mesures, est incorrecte. Ils ont attribué à une variation de la constante capillaire un effet dû simplement à une répulsion électrostatique. Barnett s'en est douté d'ailleurs; puisqu'il remarque que la répulsion entre les ondulations voisines (il opérait par la méthode des ondes capillaires) pourrait parfaitement expliquer le résultat de ces mesures (6).

2. On peut démontrer, en s'appuyant sur les principes de l'énergétique, qu'un liquide conducteur, électrisé par influence, a même tension superficielle qu'à l'état neutre.

Imaginons un condensateur plan, horizontal, dont l'armature inférieure serait constituée par la surface d'un liquide conducteur. Supposons qu'on puisse, sans changer l'épaisseur du condensateur, substituer reversiblement à la surface du liquide celle d'une lame solide, plane et conductrice. Le pla-

(1) Herwig, *Pog. Ann.*, t. 1, 1876, p. 59, 489; *Wied. Ann.*, t. 1, 1877, p. 73.

(2) Smith, *Proc. R. S. E.*, t. 17, 1890, p. 115.

(3) Nichols et Clark, *Phys. Rev.*, t. 4, 1897, p. 375.

(4) Barnett, *Phys. Rev.*, t. 6, 1898, p. 357.

(5) C'est également l'opinion de Lord Rayleigh, *Sc. Papers*, vol. 1 à 4.

(6) Voir aussi Merrit et Barnett, *Phys. Rev.*, t. 10, 1900, p. 65.

teau pourrait, par exemple, ne recouvrir qu'une partie de la surface liquide, et la lame constituerait un radeau qui s'engagerait plus ou moins à l'intérieur du condensateur.

L'étude énergétique du système conduit alors à l'équation [1]

$$\left(\frac{dA}{dV}\right)_{T,P} = -\left(\frac{\Delta q}{\Delta s}\right)_{T,P,V}$$

Si donc la tension superficielle A changeait avec la différence de potentiel V entre les armatures, la substitution du solide au liquide, opérée à température, pression et potentiel constants, mettrait en jeu une certaine quantité d'électricité par unité de surface $\frac{\Delta q}{\Delta s}$ qui ne serait pas nulle : la capacité d'un condensateur dépendrait de la *nature* des surfaces conductrices qui constituent ses armatures. Or, on sait qu'il n'en est pas ainsi. La tension superficielle est donc indépendante de l'état d'électrisation de la surface.

3. Pour vérifier expérimentalement la conclusion précédente, il fallait trouver une méthode qui éliminât les effets de répulsion électrostatique. J'y suis arrivé au moyen du dispositif suivant :

Une lame très mince d'aluminium est suspendue verticalement au fléau d'une balance, à la place d'un des plateaux. Cette lame plonge partiellement dans le liquide, et tend à s'immerger sous l'action de la tension superficielle. Un disque métallique est placé horizontalement au-dessus du liquide, à une distance d'environ 1^{cm}. On a pratiqué dans ce disque une fente d'une largeur de 2^{cm}, au milieu de laquelle passe la lame. La balance, et par suite la lame et le liquide, sont reliés à l'un des pôles d'une machine électrostatique, l'autre pôle est relié au disque.

On voit aisément que, dans ces conditions, et pourvu que la lame soit suffisamment mince et suffisamment haute, la capacité du condensateur ainsi formé ne change pas sensiblement lorsque la balance s'infléchit dans un sens ou dans l'autre. Les actions électrostatiques sont donc pratiquement éliminées.

L'expérience se ramène alors à constater que l'équilibre, réalisé lorsque le système est à l'état neutre, n'est pas troublé lorsqu'on l'électrise. J'ai opéré avec de l'eau distillée, de l'eau ordinaire, des solutions aqueuses de carbonate de soude, d'acide chlorhydrique, d'alcool et de saponine, et en utilisant des potentiels atteignant 10000 volts. Une variation de la tension superficielle égale au $\frac{1}{300}$ environ de sa valeur aurait été sensible.

4. Le résultat précédent est intéressant non seulement parce qu'il donne enfin une solution définitive, et remarquablement simple, à une question

[1] Cf. F. Michaud, *Énergétique générale* (Paris, Gauthier-Villars).

qui restait en suspens depuis plus d'un demi-siècle, mais surtout, à mon sens, parce qu'on peut en déduire une objection, que je crois assez grave, à la théorie des ions.

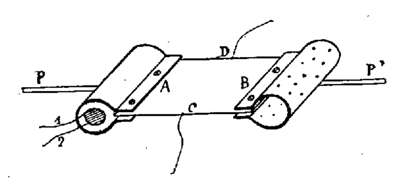
On sait, en effet, combien est sensible la tension superficielle d'un liquide aux impuretés qui sont attirées sur la surface (loi de Gibbs); si donc les charges électriques étaient liées à des particules matérielles, ces particules seraient appelées par l'induction électrostatique dans la région spécialement intéressée par les phénomènes capillaires, et l'on voit mal quelle action il est possible d'invoquer pour expliquer que leur effet sur la tension superficielle soit toujours et exactement compensée.

PHYSIQUE. — *L'analogue thermique de l'effet galvanomagnétique axial.* Note de M. **A. Sellerio**, présentée par M. E. Bouty.

Dans un travail récent [1], j'ai exprimé l'opinion que comme il y a un phénomène galvanomagnétique axial, c'est-à-dire parallèle aux lignes de force du champ magnétique [2], il y en ait de même un autre semblable thermomagnétique.

Cette prévision qui était facile, par l'analogie entre les phénomènes galvaniques et thermiques soit en dehors, soit à l'intérieur du champ magnétique, a été confirmée par les expériences que je vais rapporter. Cependant au cours du travail, je me suis aperçu qu'à côté des analogies il existe aussi des anomalies intéressantes, dont il sera question dans une Note prochaine.

Esquisse du phénomène. — Une plaque rectangulaire de bismuth est traversée par un flux de chaleur suivant sa longueur AB. Dans les centres C,



D des côtés longs, on soude deux fils reliés à un galvanomètre et, une fois le régime établi, on note la déviation éventuelle du galvanomètre par suite d'une petite inégalité des températures en C, D. En créant maintenant autour de la plaque un champ magnétique parallèle à CD, c'est-à-dire parallèle aussi à la plaque et normal au flux de chaleur, le galvanomètre m'a

(1) *Nuovo Cim.*, t. 22, 1921, p. 119.

(2) M. La Rosa et A. Sellerio, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1447.

accusé une nouvelle déviation. *On a donc un effet axial, qui est mesuré par la différence des deux lectures.*

Effet total. — Si la plaque était normale au champ, nous aurions obtenu, comme on le sait, un effet — celui d'Ettingshausen et Nernst — qui sera appelé *transversal.*

Faisons tourner la plaque autour de l'axe AB normale au champ, de manière qu'elle forme un angle φ avec celui-ci. La déviation galvanométrique doit changer de valeur, car elle est une fonction de φ, qui sera représenté par une sinoïde et s'annule dans un certain point d'inversion φ_0. S'il y a en outre une perturbation, c'est-à-dire un effet qui ne change pas de signe par le renversement du champ, φ_0 doit se dédoubler en φ_1 et φ_2 et l'effet thermomagnétique total sera représenté par les sinusoïdes un peu déformées (¹).

Le dispositif dont je me suis servi est tout à fait semblable à ceux dont j'avait fait usage pour l'effet galvanomagnétique.

C'est pourquoi j'en omets, faute d'espace, la description complète, en donnant seulement quelques renseignements sur la disposition pour le flux de chaleur. Dans les expériences sur l'effet Ettingshausen et Nernst, on serre, pour produire ce flux, l'un des côtés courts de la plaque dans un tuyau de cuivre à circulation d'eau bouillante ou de vapeur. Comme cela n'était pas convenable pour mes expériences, j'ai eu recours à l'échauffement électrique, qui m'a donné de très bons résultats. Les bords A, B de la plaque de Bi sont serrés par des vis à deux petits tuyaux de cuivre de 22^{mm} de longueur et 10^{mm} de diamètre. A l'intérieur de celui qui est à gauche, on a construit une espèce de réchauffeur en y plaçant, isolée du tuyau par une feuille de mica, une hélice de fil enroulée sur amiante, de manière antiinductive. Par les fils flexibles 1, 2, on envoie le courant de chauffage.

Le petit tuyau du côté B est vide et troué pour disperser mieux la chaleur. La plaquette très délicate de Bi est protégée par deux feuilles de mica, dans les deux buts d'éviter la dispersion latérale de la chaleur et de renforcer mécaniquement l'appareil. Quelque peu de ouate et des écrans de carton sur l'électro-aimant Weiss forment une protection suffisante contre les courants d'air. Enfin, les deux gros fils P, P′ de cuivre servent comme axe autour duquel on peut tourner la plaque, et permettent aussi d'y envoyer un courant électrique dit *primaire* pour l'étude des effets galvanomagnétiques.

Quelques données :

Dimensions de la plaque en millimètres.......	$24 \times 17 \times 0,37$
Distance des pièces polaires..................	de 3^{cm} à 4^{cm}
Échelle du galvanomètre......................	$1^{mm} = 25.10^{-9}$ volt

(¹) Je me borne à ces indications, car cela est tout à fait analogue à ce que j'ai montré pour l'effet galvanomagnétique (*Nuovo Cim.*, t. 20, 1920, p. 51).

Échauffant avec 1 ampère, le tuyau A se porte à près de 90° C., pendant que l'opposé B reste peu au-dessus de la température ambiante (environ 32°).

Dans ces conditions, avec H = 4000 gauss, la plaque étant parallèle au champ, c'est-à-dire horizontale, le galvanomètre m'a donné :

Sans le champ	174
Avec le champ, dans un sens	66
Avec le champ, dans le sens opposé	302

ce qui revient à un effet de − 108 ou + 128, selon le sens du champ magnétique.

Pour l'annuler, il me fallait tourner la plaque de 15°.

En variant le flux de chaleur. — J'augmentais le courant de chauffage de 0,25 jusqu'à 1 ampère et, tandis que les effets grandissaient dans le rapport de 1 à 7 avec le flux de chaleur, le point d'inversion, c'est-à-dire l'angle φ_0 pour lequel l'effet total s'annule, ne variait pas sensiblement.

On sait, d'une part, que l'effet transversal est proportionnel au flux thermique et, d'autre part, que $\tan\varphi_0$ mesure le rapport entre les effets axial et transversal. On en conclut que l'effet axial, lui aussi, est proportionnel au flux thermique. De même pour la perturbation.

En variant le champ. — Quelques mesures m'ont montré que l'effet axial jusqu'à H = 5000 demeure sensiblement proportionnel au champ, comme l'établit le Tableau suivant :

H	2300	4000	6000
Effet	28	52	69

Aucun doute donc sur l'existence d'un phénomène thermomagnétique axial à côté du phénomène galvanomagnétique axial.

On doit bien s'attendre d'ailleurs à deux autres phénomènes de ce genre pour compléter l'analogie avec les quatre transversaux que l'on connaît depuis longtemps, et qui peuvent s'appeler :

Galvano-galvanique	Hall
Galvano-thermique	Ettingshausen
Thermo-thermique	Righi-Leduc
Thermo-galvanique	Ettingshausen et Nernst

Nous avons maintenant les deux axiaux analogues du premier et du quatrième ; les deux autres qui manquent pourront être décelés par la même méthode que j'ai décrite, en modifiant légèrement les appareils.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'équilibre de réduction du chlorure de nickel par l'hydrogène.* Note de MM. E. **Berger** et G. **Crut**, présentée par M. Georges Lemoine.

La réduction de nombreux chlorures métalliques, par l'hydrogène, est limitée par la réaction inverse de l'hydracide gazeux sur le métal. Au point de vue quantitatif, les équilibres obtenus ont été peu étudiés : on ne peut citer que le travail, qui paraît d'ailleurs sujet à révision, de Jouniaux [1] sur le chlorure d'argent. La présente Note, relative au chlorure de nickel, expose les résultats obtenus dans l'étude de la réaction :

$$NiCl^2 + H^2 \rightleftharpoons Ni + 2HCl \rightarrow -30700^{cal} \text{ à } 15°.$$

Le système étant divariant, la proportion α d'acide chlorhydrique pour cent, dans la phase gazeuse est fonction à la fois de la température θ et de la pression p. Les lois du déplacement de l'équilibre montrent qu'elle doit croître avec θ et décroître avec p.

Expériences. — Les déterminations de α en fonction de la température et de la pression ont été faites, en général, en partant du premier membre de l'équation : chlorure de nickel et hydrogène ; les vitesses de réaction sont alors plus grandes qu'en sens inverse et l'on arrive plus rapidement à l'équilibre. Une expérience, décrite plus loin, montre que la réversibilité est totale et qu'il n'y a pas de faux équilibres, car on arrive aux mêmes valeurs de α en renversant la réaction.

L'appareil, déjà employé par l'un de nous [2] pour l'étude de réactions hétérogènes, consistait essentiellement en un tube de pyrex, recourbé en V renversé, dont la grande branche verticale (manomètre) plongeait dans du mercure et dont la petite branche scellée renfermait à son extrémité du chlorure de nickel anhydre et exempt de cobalt. Le tube était gradué en volume, par jaugeage à l'eau ; un robinet scellé sur la grande branche à 80^{cm} au-dessus du niveau du mercure permettait de faire varier la pression de l'hydrogène introduit. Le chlorure de nickel était chauffé à température constante dans la vapeur d'un corps approprié.

Ce dispositif, en forme de thermo-siphon, assure le brassage des gaz. Il est facile de se rendre compte de la marche de la réaction et du moment où l'équilibre est atteint : en remarquant que le volume de HCl produit est le double de celui de H^2 qui l'a formé, on suivra l'augmentation de volume des gaz au cours de chauffes successives.

---

(1) *Comptes rendus*, t. **129**, 1899, p. 883 ; t. **132**, 1901, p. 1270 ; t. **136**, 1903, p. 1003.

(2) E. **Berger**, *Comptes rendus*, t. **158**, 1914, p. 1502 et 1798.

Cette augmentation peut être mesurée, avec exactitude, à la température ordinaire, sans crainte de rétrogradation de l'équilibre au cours du refroidissement, car la réaction inverse est très lente et sa vitesse pratiquement nulle au-dessous de 200°.

Une fois l'équilibre atteint, θ étant donnée par le point d'ébullition du corps employé à la chauffe, p était mesuré au cathétomètre, pendant la chauffe; la proportion pour cent de HCl formée : α était déduite de l'augmentation de volume gazeux à partir du début de l'expérience. On s'est assuré que la détermination de α ainsi obtenue était exacte par plusieurs analyses directes du gaz, extrait à la trompe par le robinet. Les expériences ont été faites à 310°, 340°, 395° et 445°, les pressions d'équilibre variant de 80^{mm} à 730^{mm} de mercure anviron; les concentrations de HCl observées ont varié de 8 à 74 pour 100.

Formule d'équilibre. Résultats. — En adoptant pour la chaleur de réaction de gauche à droite — 30700^{cal} à 15° (Thomsen) et, pour la variation de la chaleur spécifique des gaz parfaits avec T, les coefficients de Nernst, on obtient, pour représenter l'équilibre, l'équation numérique suivante où α est la proportion d'acide chlorhydrique pour cent dans la phase gazeuse,

$$\frac{29642}{4,571\,T} - 1,75\log T - \frac{0,006}{4,571}\,T^2 + \log p + \log\frac{\alpha^2}{100-\alpha} = K.$$

K a été déterminé par une expérience spécialement soignée et poussée très longtemps, dont les résultats sont soulignés dans le Tableau ci-après; sa valeur est de 5,93. Le Tableau rapproche les résultats trouvés de ceux que fournit la formule; la concordance est entièrement satisfaisante, les écarts sont de l'ordre des erreurs d'expérience.

310° (P. E. de la diphénylamine).		
p.	α trouvé.	α calculé.
88,6	18,5	19,3
349,7	11,6	10,3
569,6	8,9	8,2
721,1	7,8	7,4

340° (P. E. du phénanthrène).		
p.	α trouvé.	α calculé.
77,5	39,7	36,2
179,7	25,2	25,7
647,9	15,6	14,5
719,2	14,6	13,9

395° (P. E. de la β-phénylnaphtylamine).		
p.	α trouvé.	α calculé.
115,9	65,5	65,5
277	47,7	49,9
512	37,9	39,9
670	34,2	35,0

445° (P. E. du soufre).		
p.	α trouvé.	α calculé.
300	74,4	75,6
370,7	71,0	72,1
379,2	72,2	72,2
730	60,4	61,6

Réversibilité du système. — Ayant obtenu, par réduction du chlorure, un système en équilibre à 445°, nous avons abaissé sa température, successivement à 395°, 340°, 310° et 209°, de façon à obtenir de nouveaux équi-

libres par rétrogradation, c'est-à-dire action de HCl sur Ni réduit de son chlorure. Les durées de chauffe nécessaires ont été sensiblement plus longues que dans le sens de la réduction, surtout aux basses températures; mais les chiffres suivants montrent qu'une chauffe suffisamment prolongée donne le même équilibre que dans le sens direct.

Départ:	415° →	395° ([a]) →	340° ([b]) →	310° ([b]) →	209° ([b]).
p	300	235	208	200	180
α (observé)	74,4	49,7	26,1	18,3	16,4
α (calculé)	75,6	49,5	26,4	14	0,6

([a]) 25 heures de chauffe. — ([b]) 100 heures de chauffe.

On voit qu'à basse température l'action de HCl sur Ni est extrêmement lente pour le métal réduit de son chlorure. Nous avons cherché, s'il en serait de même pour un métal très divisé réduit de son oxyde à basse température. $Ni(OH)^3$ a été réduit complètement, dans l'appareil même, à 209° (1000 heures de chauffe), par l'hydrogène; on a fait le vide, puis introduit HCl. On constate une occlusion de gaz considérable qui ne se produit pas avec Ni du chlorure; mais HCl, occlus ou en excès, ne réagit pas à froid avec une vitesse sensible. Au contraire, à 100°, après quelques heures, l'attaque est totale, le nickel jaunit en se transformant en chlorure et HCl est *complètement* remplacé par l'hydrogène. Il n'y a donc pas de faux équilibre.

Conclusions. — Dans des limites étendues, l'équilibre

$$NiCl^2 + H^2 \rightleftharpoons Ni + HCl$$

est déterminé avec exactitude par la formule donnée ci-dessus, en prenant $K = 5,93$. Les concentrations d'équilibre sont les mêmes, quel que soit le sens de la réaction.

L'un de nous poursuit une étude analogue sur le bromure de nickel et les chlorure et bromure de cobalt.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le traitement thermique de certains alliages complexes d'aluminium.* Note de M. **Léon Guillet**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons, MM. Jean Durand, Galibourg et moi-même, résumé les recherches faites sur le traitement thermique d'alliages complexes d'aluminium, connus sous le nom de *duralumin* et

([1]) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 508.

montré notamment que la haute résistance présentée par ces alliages est due à un revenu fait à la température ordinaire.

Poursuivant cette étude, j'ai cherché à préciser le rôle joué par chacun des corps entrant dans la composition normale des alliages en question. Des publications récentes faites spécialement en Angleterre m'engagent à communiquer à l'Académie les premiers résultats obtenus.

Le duralumin du type courant a pour composition :

Cu = 3,5, Mg = 0,50, Mn = 0,50, Si = 0,5, Fe = 0,5,
Al la différence,

le silicium et le fer étant des impuretés apportées principalement par l'aluminium.

On sait qu'un tel alliage trempé entre 475° et 500° dans l'eau et abandonné pendant 48 heures à la température ordinaire présente les propriétés suivantes dans les essais de traction, de choc et de dureté :

R = 36^{kg} à 38^{kg}, E = 20 à 22, A % = 21 à 22, $\rho = 6$, $\Delta = 90$.

Nous avons étudié successivement les alliages binaires :

Al-Cu, Al-Si;

les alliages ternaires :

Al-Si-Cu, Al-Mg-Si;

et enfin les alliages quaternaires :

Al-Mg-Cu-Si.

En réalité, tous les alliages renferment certaines quantités de silicium et de fer, apportés par l'aluminium. Ces alliages ont été forgés, puis trempés à températures croissantes, les températures de trempe étant d'ailleurs déterminées par les diagrammes les plus récemment publiés, et enfin revenus de différentes façons.

Les résultats obtenus ont été caractérisés par l'essai à la bille ; le revenu a consisté simplement dans un séjour à 20° pendant 48 heures.

1° *Alliages* Al-Cu. — Nos essais ont porté spécialement sur deux alliages, l'un à 2,0 pour 100, l'autre à 3,6 pour 100 de Cu. Ces alliages contiennent environ : Si pour 100 = 0,3; Fe pour 100 = 0,5. Voici les résultats des traitements thermiques (en chiffre de Brinell) :

		Trempé à 350°		Trempé à 425°		Trempé à 550°	
	Recuit.	après trempe.	après revenu.	après trempe.	après revenu.	après trempe.	après revenu.
Cu = 2,0...	36	40	42,3	36,1	35,3	39,0	39,5
Cu = 3,6...	42,5	35	43,5	39,5	43,5	42,7	43,5

Ces alliages ne présentent pas de variations nettes de dureté dans un sens déterminé.

Dans le premier alliage, le constituant Al^2Cu est complètement dissous par trempe; dans le second, la dissolution de Al^2Cu n'est que partielle.

2° *Alliages* Al-Si. — Deux alliages ont été examinés : l'un, à 1,5 pour 100 de Si; l'autre à 2,0 pour 100 de Si.

Là encore, les variations de dureté ne sont pas nettes.

		Trempé à 350°		Trempé à 425°		Trempé à 475°	
	Recuit.	après trempe.	après revenu.	après trempe.	après revenu.	après trempe.	après revenu.
Si = 1,5...	31	27,5	29,7	29,5	31,2	32	32,5
Si = 2,0...	31	27,2	31,2	29,5	32,5	31	33,6

3° *Alliages* Al-Si-Cu. — En opérant sur un alliage de même composition que le duralumin, mais ne contenant pas de magnésium, on ne constate que de très faibles variations de dureté par traitement thermique.

Un autre alliage a été essayé; il renfermait : Si pour 100 = 1,45; Cu pour 100 = 3,35. Il a donné :

	Trempé à 350°		Trempé à 425°		Trempé à 475°	
Recuit.	après trempe.	après revenu.	après trempe.	après revenu.	après trempe.	après revenu.
50	50	54	54	52	57	52

Le traitement thermique n'a donc pas d'influence sensible.

4° *Alliages* Al-Si-Mg. — Toute une gamme de ces alliages a été étudiée. Le Tableau suivant montre, par quelques exemples, les modifications apportées par la présence simultanée des deux éléments, lorsque la température de trempe atteint 475° :

Analyse			Trempé à 350°		Trempé à 425°		Trempé à 475°	
Si.	Mg.	Recuit.	après trempe.	après revenu.	après trempe.	après revenu.	après trempe.	après revenu.
0,98	0,95	36	38	36,5	36	38	38	52
1,68	1,00	37	39,5	40,5	40,5	40,5	43	55
1,54	1,45	37	39,5	41	40	41	43	55

5° *Alliages* Al-Cu-Si-Mg. — Ici l'effet du traitement thermique est aussi très net, bien qu'on parte d'alliages présentant après recuit une plus grande dureté :

Analyse				Trempé à 350°.		Trempé à 425°.		Trempé à 475°.	
Si.	Cu.	Mg.	Recuit.	après trempe.	après revenu.	après trempe.	après revenu.	après trempe.	après revenu.
1,4	3,6	0,4	70	65	70	65	70	70	93
1,0	3,3	1,6	86	65	81	63	93	74	96
1,6	3,3	1,1	80	59	78	61	86	70	89

Il y a bien adoucissement prononcé par trempe et important durcissement par revenu.

L'examen micrographique établit les faits suivants :

1° Les alliages Al-Mg-Cu-Si sont constitués par une solution solide et les combinaisons $Mg^2 Si$; $Al^2 Cu$; $Fe Al^3$ et parfois du Si en excès, le fer étant une impureté;

2° L'existence simultanée de Si, Mg est indispensable pour obtenir un important durcissement; le Cu permet d'obtenir des chiffres de Brinell plus élevés après revenu;

3° La combinaison $Mg^2 Si$ ne se dissout pas sensiblement dans la trempe, tandis que la plus grande quantité de $Al^2 Cu$ disparaît;

4° Le revenu précipite à l'état divisé le composé dissous; sans doute cette précipitation est-elle facilitée par la présence des cristaux de la combinaison $Mg^2 Si$, jouant le rôle de catalyseur.

En tous les cas, ces essais montrent que la présence simultanée de Si, Mg et Cu est indispensable pour obtenir les intéressants résultats donnés par la trempe et le revenu des alliages de Al à haute résistance.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur l'indigo octobromé.* Note (¹) de M. Eug. Grandmougin.

Les indigos bromés ont acquis, depuis une dizaine d'années, par leur nuance plus vive et plus verdâtre que celle de l'indigo ainsi que par leur solidité accrue (notamment au chlore), un intérêt technique considérable.

Leur préparation s'effectue par bromuration directe de l'indigo et que l'on travaille dans un solvant neutre (nitrobenzène par exemple), ou en milieu sulfurique (à basse température pour éviter la sulfonation); l'entrée des atomes de brome dans la molécule de l'indigo se fait selon une loi que nous avons établie par des recherches antérieures.

Le brome entre d'abord en para du groupe imide, en 5 ou 5′, puis il se substitue à l'hydogène en 7 ou 7′, enfin il occupe les positions 4 et 4′, et l'on obtient ainsi toute la gamme des indigos bromés dont nous avons décrit, jadis, les termes principaux (²). Il ne semble pas que l'on ait réussi à

(¹) Séance du 7 novembre 1921.

(²) *Ber.*, t. 42, 1909, p. 4410, et t. 43, 1910, p. 937.

pousser plus loin la substitution, et notamment à occuper les positions 6 et 6′, ce qui aurait conduit à l'indigo octobromé qui est le terme ultime de la bromuration de l'indigo. Si l'on fait agir un excès de brome sur les indigos bromés, on obtient des produits assez bien définis qui, notamment en présence de certains catalyseurs, peuvent contenir jusqu'à 72 pour 100 de brome, c'est-à-dire correspondent sensiblement à la composition d'un dérivé octobromé (voir notamment les brevets allemands 224 809; 230 596 et 236 902). Cependant 2 atomes de brome peuvent être enlevés facilement par des agents chimiques relativement faibles, ce qui indique qu'ils ne sont pas substitués, mais probablement additionnés, à moins qu'il ne s'agisse d'une substitution à l'azote.

En résumé, on n'a pu, par la voie de la bromuration directe, dépasser le 4.5.7.4′.5′.7′-hexabromindigo.

Cependant il nous a paru que nos travaux dans ce domaine demandaient à être complétés par l'obtention de l'octobromindigo, notamment aussi pour la vérification de certaines déductions que les composés déjà préparés permettent de faire.

Si l'on compare en effet, grâce au petit Tableau suivant :

Indigos.	Teneur en brome pour 100.	Raies d'absorption [1] (en solution de xylène).
		μμ
Indigo	»	590,3
5.5′-dibromindigo	38,1	601,6
5.7.5′-tribromindigo	48,1	608,7
5.7.5′.7′-tétrabromindigo	55,3	611,7
4.5.7.5′.7′-pentabromindigo	60,9	615,0
4.5.7.4′.5′.7′-hexabromindigo	65,2	616,2
Heptabromindigo	68,7	»
Octobromindigo	71,6	»

les spectres d'absorption des indigos bromés avec leur teneur en brome, on se rend bien compte que la nuance est conditionnée par la teneur en brome, mais aussi par la position des atomes de brome dans la molécule. L'influence des positions 5 et 5′, puis 7 et 7′ est particulièrement sensible; celle des positions 4 l'est beaucoup moins. Si l'on se souvient en outre que la position 6 et 6′ a un caractère érythrogyre prononcé (le 6.6′-dibromin-

(1) Longueurs d'onde déterminées par M. Formánek.

digo est rouge violet, le 5.6.7.5'.6'.7'-hexabromindigo donne des teintures plus rouges que son isomère 4.5.7.4'.5'.7'), on peut en conclure que la nuance de l'octobromindigo rétrogradera vers le violet et ne présentera donc pas d'intérêt technique.

La préparation de cet octobromindigo par la voie synthétique, en collaboration avec l'un de mes élèves, M. Heussner, s'est faite par transposition et adaptation des méthodes déjà connues.

On prend à cet effet, comme point de départ, l'acide tétrabromophtalique, dont l'anhydride est préparé par la méthode de M. Juvalta (brevet allemand 50177). Celui-ci est ensuite transformé, par une réaction classique, en acide tétrabromanthranilique ([1]) qui, entre temps, a été décrit par MM. Lesser et Weiss (*Ber.*, t. 46, 1913, p. 3942). Par action du formol, on prépare maintenant la formalide substituée $C^8H^3O^2NBr^4$, puis le cyanure fournit : l'acide ω-cyanométhyltétrabromanthranilique qui, saponifié, donne enfin la glycine de l'acide tétrabromanthranilique. (Il se forme parfois un sous-produit que nous supposons être le dérivé diformolé qui donne ensuite l'acide tétrabromanthranilodiacétique) ([2]).

Pour opérer la cyclisation, on ne peut, naturellement, employer la méthode de la fusion alcaline qui sert industriellement pour la synthèse de l'indigo; une molécule aussi complexe n'y résisterait pas. On condense avec l'anhydride acétique qui, à l'ébullition, transforme la glycine en acide tétrabromindoxylique acétylé, lequel, en milieu ammoniacal, à chaud, est saponifié et oxydé en même temps, par insufflation d'air, en octobromindigo ([3]).

L'indigo octobromé ainsi obtenu et dont la composition fut vérifiée par l'analyse (brome pour 100 : trouvé, 71,22; calculé, 71,6) possède toutes les propriétés caractéristiques des indigos substitués. Il est insoluble dans les solvants habituels, alcool et éther, mais se dissout dans les solvants à point d'ébullition élevé : nitrobenzène, éther benzoïque, tétrachlor-

---

([1]) Cet acide fond à 204°-205°. Un acide du p. f. 115° décrit précédemment par M. Dorsch (*Journ. pr. Chem.*, 2e série, t. 33, 1886, p. 32) et qu'il avait obtenu par action du brome sur l'acide isatoïque n'est selon nous que de la tribromaniline (*Ber.*, t. 47, 1914, p. 384).

([2]) Les dérivés correspondants de la série chlorée ont été préparés par MM. Villiger et Louis Blangey (*Ber.*, t, 42, 1909, p. 3551), dont nous avons suivi les indications.

([3]) On peut utiliser, à cet effet, la technique déjà décrite par MM. W.-R. Orndorff et F.-H. Nichols pour la synthèse de l'octochlorindigo (*Journ. am. Chem. Soc.*, t. 48, 1912, p. 473-500).

éthane, etc., en bleu. Par oxydation par l'acide chromique, en milieu acétique, on obtient la tétrabromisatine qui possède les caractères généraux de ces composés.

Par réduction, on obtient un dérivé leuco dont le sel de soude jaune est peu soluble, ce qui rendrait son emploi en teinture difficile si cet indigo offrait un intérêt technique. Mais son mode de préparation exclut cette possibilité sans compter que sa nuance, ainsi que nous l'avions prévu, est sensiblement plus rouge que celle des indigos verdâtres hexabromés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *A propos du prétendu dibenzoylméthane vrai de Wislicenus; nouvelles expériences.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Pierre Gérald**, présentée par M. A. Haller.

Dans un travail antérieur [1], l'un de nous avait conclu de ses recherches que, contrairement à l'opinion de Wislicenus, le composé obtenu en saponifiant par la soude alcoolique la bromobenzalacétophénone, $C^6H^5-CO-CBr=CH-C^6H^5$, ne devait pas être la forme cétonique du dibenzoylméthane, $C^6H^5-CO-CH^2-CO-C^6H^5$, ou dibenzoylméthane vrai. La présente Note a pour but d'élucider la nature du prétendu dibenzoylméthane vrai et le mécanisme de sa formation.

Dès nos premières expériences nous avons reconnu que le produit obtenu par Wislicenus correspondait non pas à la composition du dibenzoylméthane $C^{15}H^{12}O^2$, admise par ce savant, mais à celle d'un composé contenant de l'alcool $C^{17}H^{16}O^2$.

Les recherches bibliographiques effectuées à cette occasion nous ont révélé que d'autres auteurs avaient abouti à la même conclusion. Mais de l'ensemble de leurs mémoires il se dégageait une impression d'incertitude. En effet, d'une part, tous ces auteurs avaient adopté pour le produit originel, l'α-bromobenzalacétophénone, la formule erronée de Wislicenus, c'est-à-dire $C^6H^5-CO-CH=CBr-C^6H^5$, et, d'autre part, postérieurement à leurs publications, Widman [2] s'était prononcé nettement en faveur des anciennes conceptions de Wislicenus. Dans ces conditions, nous avons jugé qu'il n'était pas superflu de revoir entièrement la question depuis son point de départ, et d'essayer d'y apporter quelques contributions nouvelles.

I. Nature du prétendu dibenzoylméthane vrai. — A. *β-éthoxybenzalacétophénone* $C^6H^5-CO-CH=C(OC^2H^5)C^6H^5$. — Wislicenus préparait le soi-disant dibenzoylméthane vrai en traitant la bromobenzalacétophénone par une solution alcoolique de soude.

(1) Dufraisse, *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 1062.

(2) *Ber.*, t. **49**, 1916, p. 477.

En reprenant cet essai dans des conditions variées, nous avons observé que les rendements augmentaient avec le degré alcoolique de l'alcool mis en œuvre et s'amélioraient encore si l'on opérait *en l'absence d'eau* (emploi d'alcool absolu et d'éthylate de sodium).

Cette remarque nous a donné à penser qu'il devait y avoir fixation du reste C^2H^5O — sur la molécule et nous avons attribué au composé obtenu la formule $C^6H^5 - CO - CH = C(OC^2H^5)C^6H^5$, que confirment, outre les réactions déjà connues du produit, la composition centésimale et l'expérience suivante.

B. *L'éthylate de benzoylphénylacétylène.* — MM. Moureu et Brachin [1], en condensant les alcools avec diverses cétones acétyléniques, ont obtenu des cétones α-β-éthyléniques-β-alcoxylées $R_1 - CO - CH = C(OR_2)R_3$, dont on voit l'étroite parenté avec le composé précédent.

Si notre hypothèse était exacte, nous devions obtenir le composé de Wislicenus par la réaction de Moureu et Brachin, c'est-à-dire par la fixation d'alcool éthylique sur le benzoylphénylacétylène $C^6H^5 - CO - C \equiv C - C^6H^5$. C'est ce que nous avons vérifié.

L'alcool éthylique se fixe facilement sur la triple liaison du benzoylphénylacétylène, et le corps cristallisé résultant est identique au produit de l'action de l'éthylate de sodium sur la bromobenzalacétophénone.

Nous pouvons donc conclure que le prétendu dibenzoylméthane vrai de Wislicenus n'est autre que la β-éthoxybenzalacétophénone [2].

II. Mécanisme de la formation de la β-éthoxybenzalacétophénone. — A. La réaction de Wislicenus revient ainsi à enlever un atome de brome et à fixer le groupement $- OC^2H^5$; mais on remarquera que le reste $- OC^2H^5$ n'a pas pris, dans la molécule, la place qu'occupait Br :

$$C^6H^5 - CO - CBr = CH - C^6H^5 \longrightarrow C^6H^5 - CO - CH = C(OC^2H^5)C^6H^5.$$

Il y a là une anomalie curieuse : nous avons cherché à en fournir une explication rationnelle.

La réaction de Moureu et Brachin permettait d'envisager une solution satisfaisante de ce problème : tout d'abord perte de HBr avec formation de benzoylphénylacétylène, puis fixation d'alcool sur la liaison

(1) *Soc. chim.*, 3e série, t. 33, 1905, p. 139.

(2) Cette conclusion est en accord avec celles de Ruhemann, Watson, Sluiter et Abell.

acétylénique

$$C^6H^5-CO-CBr=CH-C^6H^5 \xrightarrow{-HBr} C^6H^5-CO-C\equiv C-C^6H^5$$
$$\xrightarrow{+C^2H^5OH} C^6H^5-CO-CH=C(OC^2H^5)C^6H^5.$$

L'expérience mentionnée ci-dessus donnait toute vraisemblance à cette interprétation des faits [1], mais une étude plus approfondie nous a contraints à la rejeter.

B. *α-bromo-β-éthoxybenzylacétophénone*

$$C^6H^5-CO-CHBr-CH(OC^2H^5)C^6H^5.$$

A la suite d'un grand nombre d'essais, nous avons réussi à scinder en deux phases bien distinctes la réaction de Wislicenus.

Dans une première phase, l'éthylate de sodium, agissant comme catalyseur, détermine la fixation d'une molécule d'alcool sur la double liaison avec formation d'un composé saturé, nouveau, l'α-bromo-β-éthoxybenzylacétophénone :

$$C^6H^5-CO-CBr=CH-C^6H^5 \xrightarrow{+C^2H^5OH} C^6H^5-CO-CHBr-CH(OC^2H^5)C^6H^5$$

Dans une seconde phase, l'éthylate de sodium, entrant en réaction, élimine HBr et crée, de nouveau, une liaison éthylénique :

$$C^6H^5-CO-CHBr-CH(OC^2H^5)C^6H^5 \xrightarrow{-HBr} C^6H^5-CO-CH=C(OC^2H^5)C^6H^5.$$

Le composé saturé intermédiaire a été obtenu en quantités importantes et étudié avec détail. Il est formé d'aiguilles incolores, fondant à 60°-61°.

Ce composé est très stable : il bout sans décomposition à 182°-183° sous 3^{mm}-4^{mm}. Par contre, il est très sensible à l'action des alcalis, qui lui enlèvent facilement HBr, d'après la réaction précédemment indiquée.

En résumé :

1° Le prétendu dibenzoylméthane vrai de Wislicenus n'est autre que la β-éthoxybenzalacétophénone $C^6H^5-CO-CH=C(OC^2H^5)C^6H^5$.

2° Cette substance se produit à partir de la bromobenzalacétophénone par formation intermédiaire d'un composé saturé l'α-bromo-β-éthoxybenzylacétophénone $C^6H^5-CO-CHBr-CH(OC^2H^5)C^6H^5$.

---

(1) Cette interprétation avait été envisagée par Ruhemann et Watson, puis par Kohler et Johnstin, sans que ces auteurs l'aient, du reste, soumise à la vérification expérimentale.

GÉOLOGIE. — *Sur la pénéplaine supérieure du bassin de Paris et sur les aplanissements primordiaux de la périphérie.* Note de M. **G. Denizot**, présentée par M. Émile Haug.

J'ai indiqué antérieurement (¹) que les plateaux élevés du bassin de Paris appartiennent à une vaste surface topographique qui, dans sa partie centrale, se montre en relation avec le calcaire lacustre de la Beauce (Aquitanien) et dont l'élaboration a été interrompue par les phénomènes qui ont déterminé, au Burdigalien, l'écoulement des sables granitiques; ce qui permet de placer l'achèvement de la *pénéplaine supérieure* à la limite des deux étages.

Quand on s'éloigne du centre du bassin, l'analyse de la surface topographique permet de séparer de la pénéplaine supérieure des éléments plus anciens, qui s'observent au SE et à l'W.

Sud-Est du bassin. — La partie septentrionale du Berry offre une surface se relevant rapidement, depuis la bordure de la Sologne, jusqu'à plus de 430^m (plate-forme d'Henrichemont), et se limitant à la côte de la Motte d'Humbligny, au-dessus des aplanissements qui paraissent représenter la pénéplaine supérieure (plate-forme des Epsailles, vers 360^m). Cette plate-forme d'Henrichemont est antérieure aux dépôts lacustres du Berry, qui occupent une dépression d'érosion (²).

Ouest du bassin. — En bordure de la Beauce, on observe des surfaces qu'il est facile de relier à la pénéplaine supérieure (notamment la plate-forme 150^m-170^m du Nord de la Touraine); cette pénéplaine se suit sur le Perche et jusque sur le massif Armoricain, visible par exemple autour de la Sarthe, en aval d'Alençon, vers 200^m (³). Mais, au-dessus, on voit s'élever des surfaces fortement inclinées, notamment à Fontaine-Raoul, à Senonches, à gauche de l'Huisne; ces surfaces présentent, avec presque toute leur ampleur, la trace des déformations qui ont affecté les couches crétacées, et au NE se montrent en relation avec le Sparnacien. A la limite du bassin, les hautes collines du Maine, constituées de terrains primaires, sont en tout cas antérieures au dépôt de l'Éocène moyen (grès à plantes et couches à *Potamides lapidum*) et paraissent présenter des vestiges de topographies très anciennes. On y observe des plate-formes inclinées, limitées d'une part à une côte abrupte, d'où elles s'abaissent, pour se souder aux aplanissements plus récents, comme celle atteignant plus de 350^m près de Bais et s'abaissant vers l'Est.

(¹) *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 399.

(²) De Cossigny, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, t. **4**, 1876, p. 256. — A. de Grossouvre, *Ibid.*, t. **28**, p. 991.

(³) En ce point au moins, notre pénéplaine supérieure se confond avec la « plate-forme de la Forêt de Mayenne » de M. Musset (*Le Bas-Maine*, Paris, 1917); la présence de lambeaux et blocs de grès montre qu'elle est postérieure à l'Éocène moyen.

Ainsi nous reconnaissons, en dehors de quelques témoins de topographies anté-tertiaires dans l'Ouest, une ceinture d'aplanissements un peu plus récents que le Crétacé; ils se poursuivent sous les dépôts lacustres de la cuvette orléanaise, en sorte qu'on peut restituer la surface, en grande partie noyée sous les dépôts ultérieurs, d'une *pénéplaine primordiale*. Le substratum de cette pénéplaine varie très lentement : Sénonien au centre du bassin, il comporte une large auréole turonienne et ne passe sur le Cénomanien qu'à la périphérie; les ondulations de cette surface ont, à très peu près, la même ampleur que celles de la Craie. La pénéplaine primordiale apparaît donc comme comprise entre le Crétacé supérieur, dont elle n'est séparée que par des mouvements du sol minimes, et le Lutétien, qui débute par un effort d'ondulation très notable.

Sur cette surface, on trouve généralement une couverture du terrain confondu jadis dans le vaste ensemble des « *argiles à silex* », et que nous dénommerons *terrain à ladères*. Ce terrain offre la signification d'un dépôt de plateau diagénétisé; il plonge sous la Beauce en passant dans les calcaires lutétiens, et se montre en relations avec le Sparnacien fluviatile.

Les argiles à silex des anciens auteurs réunissent trois catégories principales de terrains : 1° les résidus d'altération sur place de la Craie (1); 2° des dépôts détritiques constitués aux dépens de la Craie; 3° les produits de remaniement, argileux ou limoneux, des deux catégories précédentes. Les dépôts détritiques sont les plus intéressants : ils ont été bien reconnus par M. de Grossouvre (2) et par M. Lemoine (3), qui ont observé que les poudingues et grès lustrés (ladères) se constituaient au sein de la formation. L'absence de stratification visible et le caractère local des cailloux n'infirment pas la présence fréquente de grains transportés. Tel est le caractère des dépôts de plateaux, comme ceux que j'ai montré liés à la pénéplaine de la Basse-Loire (4). Le terrain à ladères envisagé ici apparaît donc comme une très ancienne couverture de pénéplaine, profondément transformée postérieurement à son dépôt. Enfin l'association des ladères aux dépôts fluviatiles du Sparnacien s'observe, ainsi que leur subordination commune aux calcaires lutétiens, entre Chartres et Châteaudun, ainsi que dans le bassin du Loing (Saint-Martin-sur-Ouanne).

La *pénéplaine primordiale* du bassin de Paris s'est donc constituée après l'émersion de la Craie, durant une partie plus ou moins importante de

(1) Dollfus, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, t. **19**, 1891, p. 883.

(2) *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° **122**, 1909, p. 28.

(3) *Géologie du Bassin de Paris*, p. 251; Paris, 1911.

(4) *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 600. Notons que la pénéplaine supérieure offre des dépôts de même caractère : c'est pour une bonne partie le terrain noté, sur beaucoup d'anciennes cartes : M (argile à silex remaniée).

l'Éocène inférieur; elle était en tout cas achevée au début du Lutétien. Cette pénéplaine a été gauchie, comme la Craie elle-même.

La période allant du Lutétien au Sannoisien, qui offre divers dépôts lacustres en même temps que plusieurs phases d'ondulation, ne paraît pas avoir laissé de topographie étendue. Mais une nouvelle phase de pénéplanation se manifeste durant l'Aquitanien, au cours duquel s'est constituée la *pénéplaine supérieure* dans le centre du bassin; elle se prolonge sur les bords en entamant les plate-formes antérieures ou souvent en les retouchant pour les incorporer plus ou moins (¹).

GÉOLOGIE. — *Le Canigou et la Maladetta, pôles de l'axe primitif des Pyrénées.* Note de M. **Octave Mengel**, présentée par M. Émile Haug.

Au cours des levés géologiques des feuilles de l'Hospitalet et de Prades mon attention a été attirée, du Canigou à la Maladetta, sur la continuité d'affleurements de poudingues ordoviciens. Ces affleurements n'étant pas indiqués sur la Carte, sa lecture ne permet pas d'interpréter les contours des terrains primaires au point de vue de la tectonique originelle des Pyrénées. Je vais, dans cette Note, préciser la répartition de cette formation néritique et essayer d'en tirer conséquence.

Stratigraphie. — Je n'ai rien vu, dans la moitié orientale des Pyrénées, qui puisse être rapporté avec certitude au Cambrien. La base des dépôts siluriens, dans les parties les moins métamorphiques, est formée d'une grande épaisseur de schistes siliceux rubanés avec des intercalations de schistes noir bleuâtre plus fissiles et, en hauteur, des alternances de quartzites et schistes gréseux micacés, dans lesquels, à Pardinas, j'ai trouvé les plaquettes à *Cruziana*. On aurait alors affaire à l'*Arenig*. Viennent ensuite des schistes plus délitables, qui, à Villefranche, m'ont donné *Calymene Tristani* : c'est le *Llandeilo*.

Au-dessus on trouve l'importante formation du *Caradoc*, facile à repérer, du moins des Pyrénées-Orientales à l'Aragon oriental, suivant deux longues bandes orientées ESE-WNW et caractérisées par la succession suivante : schistes gris verdâtre à *fucoïdes* (très typiques), schistes à concrétions calcaréo-gréseuses, alternance de schistes à *Orthis actoniæ* avec petites lentilles

(¹) J'ai indiqué, antérieurement (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 600), une troisième phase de pénéplanation au sommet de l'ère tertiaire (*pénéplaine inférieure*).

de calcaire zoogène, de grès et de poudingues siliceux, uniquement formés de grains ou de galets de quartz et de quartzites provenant des formations régionales antérieures. Je n'ai pu y découvrir de galets calcaires. C'est là un nouvel argument à ajouter à ceux que j'ai fait valoir en faveur de l'âge gothlando-dévonien de la *Dalle*. A noter que, très souvent, les bancs inférieurs de grès ou de poudingues sont repris par un ciment quartzeux qui, le dynamométamorphisme aidant, les transforme en bancs de quartz, dans lesquels les quartzites ne se manifestent plus que par des plages grises. J'ai suivi, en de nombreux points de la bande septentrionale, le processus de cette régénération. Entre les deux bandes de ce Caradoc détritique existe, sur les schistes zonés de l'Arenig et du Llandeilo, des schistes roux ou blanc jaunâtre, compacts ou en plaquettes, dans lesquels je vois le Caradoc bathyal ou abyssal de la zone axiale du géosynclinal. L'ensemble du Caradoc est recouvert par les schistes graphiteux du Gothlandien à plages très fossilifères le long du Caradoc néritique.

Au Gothlandien sont superposés en concordance les calcschistes du Dévonien inférieur et les calcaires compacts dolomitiques du Dévonien moyen. Le Dévonien supérieur et le Carbonifère présentent des discordances fréquentes avec les dépôts précédents et restent cantonnés dans deux géosynclinaux, dont les axes respectifs renferment le Caradoc néritique.

Ces deux aires synclinales sont, au Nord, celle de Mérens-Villefranche-Thuir; au Sud, un synclinal qui va de la haute vallée du Tech au bassin supérieur des Nogueras en passant par Camprodon, Ribas, La Seo de Urgel-Rialp. Je me bornerai ici à attirer l'attention sur deux faits : 1° le passage brusque de l'Est à l'Ouest, des grès du Caradoc aux poudingues, au droit du méridien du Canigou, simultanément sur les deux bandes; 2° la disparition graduelle de ces poudingues et leur retour aux grès en avant de la Maladetta. D'après M. Dalloni, le Caradoc — à *Orthis* tout au moins — n'existerait pas à l'ouest de la Maladetta.

Tectonique, — Au Llandeilo, nous voyons se former deux rides sensiblement parallèles, dont le démantèlement donnera les dépôts néritiques dont il vient d'être question. Simultanément, par mouvement épirogénique, s'opère un relèvement brusque de leur axe, là où bourgeonnera bientôt le Canigou, et un abaissement progressif à l'Ouest, vers l'emplacement du futur dôme granitique de la Maladetta. Nous sommes à l'époque des *plissements calédoniens*.

Le géosynclinal compris entre les deux rides calédoniennes est alors en quelque sorte le berceau des Pyrénées, dont le Canigou serait la tête. La

descente de son axe dans la zone de métamorphisme général ayant donné aux sédiments qui s'y étaient accumulés au cours de la transgression gothlando-dévonienne, une plasticité plus grande qu'à ceux du démantèlement des premières rides, c'est sur les premiers que les plissements hercyniens purent exercer leur maximum d'action; de sorte qu'au milieu du Dévonien nous trouvons le géosynclinal calédonien mué en un géanticlinal hercynien et bordé de deux synclinaux, occupant l'emplacement des rides ordoviciennes.

Ce géanticlinal comprend, du Sud au Nord, les six brachyanticlinaux suivants :
Le Puigmal, peu métamorphique; le massif de Carença, essentiellement gneissique; le Canigou, également gneissique, mais très fortement injecté de granulite, avec quelques veines granitiques; le « pseudo-anticlinal de la Maladetta » (je désigne ainsi un long soubassement granitique, dont l'extrados, inclus à la fin de la période hercynienne dans les plissements antérieurs, se révèle par les massifs de la Maladetta, Paguera, Campcarlos, Mont Louis et Batère); enfin, les Albères, peu métamorphiques, prenant naissance dans la région d'Oms.

Mais déjà, dès cette époque, s'accuse une dissymétrie de l'effort tangentiel sur les deux versants du géanticlinal naissant. Il en résulte, sur le flanc sud, une longue faille longitudinale, une première félure, qui déjà se propage vers l'Est, à la fin du Trias, ainsi que semble l'indiquer l'alignement d'*ophites*, qui relaie à Gramos, pour s'étendre jusqu'au sud de Gavarnie, celui des *microgranites et orthophyres* carbonifères venant d'Amélie-les-Bains.

Les plissements post-oligocènes, qui n'ont fait que rejouer, suivant les rides anciennes, sont caractérisés, sur le versant sud, par un empilement de nappes de charriage, poussées du Sud, avec chevauchement frontal, vers le Nord, d'un bourrelet de leur substratum, qui vient s'intriquer tout le long de la fracture « Amélie-les-Bains — Gavarnie » sous le Primaire de la bordure de la zone axiale en recouvrement anormal, paraissant, par relativité, poussé du Nord.

Le Canigou, originairement mal enraciné et pincé entre deux efforts tangentiels opposés, celui du Sud au Nord étant prépondérant, éprouva une nouvelle surrection par rapport à la *pénéplaine* des temps secondaires dont les « plis » des massifs voisins sont les vestiges. Il se déversa alors en lame anticlinale sur l'extrémité nord-est du soubassement granitique « Maladetta-Batire » qu'il fractura en l'écrasant entre lui et le faisceau synclinal « Villefrance-Thuir ».

Ce travail de plissement longitudinal continua jusqu'au début du Qua-

ternaire et fut accompagné de mouvements épirogéniques posthumes, dont l'un donne la dépression du Capeir. Je donne ailleurs les raisons de cette opinion.

En résumé : *Le Canigou et la Maladetta peuvent être considérés comme les pôles du noyau primitif des Pyrénées. Ce noyau résulte de l'inversion d'un géosynclinal calédonien en géanticlinal hercynien ; il est l'axe autour duquel, au cours des temps géologiques, la chaîne a évolué suivant un mode originel.*

PALÉONTOLOGIE. — *Sur l'importance pratique et phylogénétique du talon postérieur* (T_p) *des molaires des mastodontes et des éléphants.* Note de M. **Sabba Stefanescu**.

Cuvier, Falconer, Vacek et tous les paléontologistes qui m'ont précédé ont étudié le T_p des molaires des mastodontes et des éléphants uniquement au point de vue descriptif. J'ai étudié le même talon au point de vue pratique et phylogénétique et j'ai conclu qu'*il présente des caractères morphologiques utilisables à la détermination de la position de droite ou de gauche des molaires, et des caractères morphophylogénétiques utilisables à la détermination du phylum des mastodontes bunolophodontes et des éléphants.* Cette conclusion est basée sur les faits suivants :

I. La couronne des dernières molaires des mastodontes et des éléphants est organisée selon un seul et même plan de structure. Longitudinalement, elle est formée de deux moitiés organiques asymétriques, séparées par un plan organique oblique d'avant en arrière, dirigé vers l'intérieur de la bouche chez les molaires inférieures et vers l'extérieur chez les molaires supérieures. Transversalement, chaque colline ou lame est formée de deux tubercules, dont l'un en trèfle (T_{tr}) et l'autre en crête (T_{cr}). Chez les molaires inférieures les T_{tr} occupent la moitié organique externe; c'est l'inverse de ce qui a lieu chez les molaires supérieures. Comparativement, les T_{tr} des collines ou lames postérieures sont plus gros que les T_{cr}. La dernière de ces collines ou lames, celle qui est désignée sous le nom de T_p, peut être ou complète, bituberculaire, ou incomplète, unituberculaire, et dans ce cas elle est constamment formée par le T_{tr}.

II. Puisque les T_{tr} occupent invariablement la moitié organique externe chez les molaires inférieures, et la moitié organique interne chez les supérieures, il s'ensuit que *la position du* T_{tr} *du* T_p *nous indique la moitié*

externe ou interne de la couronne et, par conséquent, la position de droite ou de gauche des molaires.

a. Prenons un exemple et appliquons ce caractère morphologique à la détermination de la position de droite ou de gauche de la molaire de *Mastodon angustidens* Cuv. mut. *pygmæus* Dep.

D'après l'auteur de cette mutation ([1]), « il s'agit d'une molaire inférieure, et fort probablement d'une dernière ou sixième molaire, en raison de la grandeur du talon », qui est « pourvu seulement de deux tubercules ». Or, d'après mes observations, la molaire dont il s'agit est la dernière ou sixième inférieure de droite ($M_{\overline{3}}\,d$), parce que le plus gros des deux tubercules du T_p, c'est-à-dire le T_{tr}, est situé sur la moitié organique externe de la couronne.

b. Il est à remarquer pourtant que l'organisation du T_p des dernières molaires, telle qu'elle vient d'être exposée, n'est pas régie par une loi mathématique absolue, car exceptionnellement on peut observer des écarts, comme par exemple des T_p unituberculaires situés presque dans la direction du plan organique, et des T_p bituberculaires dont le T_{tr} est moins gros que son congénère T_{cr}; mais à part ces exceptions et d'autres qu'on peut rencontrer, l'organisation du T_p suit la règle générale que nous venons de mettre en évidence.

III. La partie proximale des M_3 est plus étroite et plus caudiforme que celle des M^3; c'est pourquoi le T_p des M_3 est le plus souvent unituberculaire, tandis que le T_p des M^3 est généralement bituberculaire. Déjà Kaup ([2]) a remarqué que le talon de la M_3 de *Mastodon longirostris* « forme plus ou moins une figure conique », tandis que le talon de la M^3 « n'apparaît jamais sous la forme d'un cône simple ».

IV. Unituberculaire ou bituberculaire, quelquefois le T_p est visiblement indépendant du collet de la couronne, mais d'autres fois il est tellement rapproché du collet que l'un et l'autre se confondent en une masse, dans laquelle on est enclin d'admettre, soit que le T_p est engendré par le collet énormément développé, soit qu'au contraire, le T_p s'est développé beaucoup et que le collet s'est excessivement réduit. A mon avis, cette dernière interprétation est la seule vraie, pour le bon motif que, même si le collet du bord postérieur de la couronne s'est réduit jusqu'à disparaître, en obser-

---

([1]) Ch. Depéret, *Découverte du Mastodon angustidens dans l'étage carténien de Kabylie* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, t. 25, 1897, p. 518, pl. XIX).

([2]) *Description des ossements de Mammifères, etc.*, 4e cahier, 1835, p. 69-82.

vant attentivement on peut le discerner et le suivre derrière le T_p. Comme exemple nous citons les molaires intermédiaires supérieures (m^3, M^1, M^2) de *Mastodon arvernensis*, dont le collet des bords interne et externe de la couronne est plus ou moins bien indiqué, tandis que le collet du bord postérieur est à peine discernable. Vacek ([1]), qui s'est occupé du T_p des molaires des mastodontes, lui attribue, comme tous les paléontologistes d'ailleurs, la valeur d'une vraie colline rudimentaire.

V. Kaup a observé que le T_p de la M_2 de *Mastodon longirostris* « a une figure octiforme, dont la tête plus petite est tournée vers l'intérieur ».

a. Pour désigner les nombreuses variations d'aspect et de position du T_p, les paléontologistes employent des appellations, telles que talon *diversiforme* (Lartet), *faux* talon (Kaup), qui n'ont rien de précis, mais l'appellation très expressive talon *octiforme* convient très bien au T_p des m_3, M_1, M_2, M_3 de *Mastodon angustidens, longirostris, arvernensis, sivalensis* et d'autres espèces de mastodontes bunolophodontes, parce qu'il est formé de deux tubercules inégaux, l'externe T_{tr} normalement plus gros que l'interne T_{cr}, ce qui lui donne en apparence l'aspect d'un 8 à boucles inégales. De ce fait, nous concluons que *le* T_p *des molaires inférieures des mastodontes bunolophodontes présente des caractères morphophylogénétiques qui nous indiquent leur proche parenté et leur étroit lien généalogique.*

VI. Excepté l'aplatissement postéro-antérieur et la différenciation régressive des tubercules, le T_p de la couronne des molaires des éléphants est organisé exactement comme le T_p de la couronne des molaires des mastodontes bunolophodontes, *qui sont leurs ancêtres.* Par exemple, le T_p bituberculaire des M_3 d'*Elephas meridionalis* de ma collection ressemble tout à fait au T_p bituberculaire des mêmes molaires de *Mastodon arvernensis*.

SISMOLOGIE. — *Observations sur deux sismes recents du Massif Armoricain.* Note de MM. **F. Kerforne** et **Y. Milon**, présentée par M. Pierre Termier.

Le Massif Armoricain est assez fréquemment ébranlé, par des *sismes locaux*, généralement faibles, et qui passent souvent inaperçus. Les compartiments de la marqueterie armoricaine rejouent et oscillent cependant; citons pour mémoire les sismes des 5 août 1909, 20 mai 1916, 27 juin 1920. Cette année deux nouvelles secousses ont été observées.

([1]) *Ueber Œsterreichische Mastodonten*, 1877.

La première s'est produite à Laval (Mayenne), le 10 janvier 1921, à $0^h 20^m$; l'ébranlement, assez fort, a réveillé un grand nombre de personnes, l'intensité a atteint le type V de l'échelle d'intensité sismique d'A. Sieberg. Le sisme fut ressenti sur 3000^{km^2} environ. Une enquête détaillée (282 observations recueillies) nous a permis de distinguer, dans la région ébranlée, cinq zones grossièrement concentriques limitées par des courbes *isosistes*. La zone centrale, d'intensité maximum ou *aire pléistosiste*, affecte la forme d'une ellipse, dont le petit axe, dirigé dans le sens des plissements du bassin de Laval, aurait 9^{km}; le grand axe dirigé NNE, aurait 15^{km} et coïnciderait avec la vallée de la Mayenne, où doit être recherchée la cause probable du sisme, que nous croyons pouvoir attribuer au jeu d'une ou de plusieurs failles d'un *champ de fractures* ultérieurement déblayé par la rivière.

Les quatre courbes isosistes suivantes ont un tracé beaucoup plus irrégulier, faisant ressortir de grandes variations, dans le mode de propagation de l'ébranlement, *variations commandées*, semble-t-il, *par la structure géologique de l'aire macrosismique*.

L'ébranlement s'est transmis beaucoup plus facilement dans la direction NNE-SSO, normale aux plissements paléozoïques, que dans la direction de l'axe de ces plis, où les effets du sisme s'atténuent assez rapidement vers l'Est, et très rapidement vers l'Ouest. Au sud du complexe synclinal au contraire, le sisme a ébranlé une vaste zone et les isosistes s'étalent dans le Briovérien, jusqu'à la *barrière* de la Nappe de la Vilaine.

Au Nord, la transmission de la secousse a été facilitée par la présence d'importants massifs granitiques, alignés Est-Ouest; les isosistes s'éloignent et s'écartent dans cette région, surtout vers l'Ouest, l'Est étant barré par de nombreux synclinaux paléozoïques (Coëvrons, Pail.) qui *font ombre*.

Des grondements prolongés, très forts dans l'aire pléistosiste, ont accompagné le phénomène; la généralité et la variété de ces bruits nous ont permis d'établir une échelle d'intensité (qui sera exposée dans un travail en préparation) et de tracer une courbe *isacouse* englobant les localités où les phénomènes acoustiques seuls se sont manifestés.

Le sismographe établi au Mans, qui enregistre parfaitement les télésismes, n'a pas enregistré ce sisme local.

Le 26 janvier 1921, vers $21^h 30^m$, un autre sisme, plus faible (au maximum, type III de l'échelle précitée), a été ressenti dans la région de Pontivy (Morbihan) et semble s'être étendu sur 200^{km^2}.

Nous avons pu délimiter deux régions ébranlées distinctes; l'une au sud

du massif paléozoïque du Quénécan, l'autre occupant le triangle : Rohan-La Chèze-Loudéac, au sud du massif granitique et cristallophyllien du Menez-Bel-Air. Cette deuxième aire pléistosiste étant séparée de la première par un curieux *pont de silence* (Locminé, Saint-Gonéry).

Le sisme a pu se déclancher dans la région très faillée qui s'étend au sud du Bassin du Menez-Bel-Air, et se transmettre, par quelque *résonance* encore mystérieuse, dans la région du Quénécan.

MÉTÉOROLOGIE. — *Contribution à la prévision du temps et en particulier des orages par les visées de ballons-pilotes.* Note de M. **J. Lacoste**, présentée par M. E. Bouty.

Les sondages atmosphériques par ballons-pilotes, multipliés pendant la guerre pour les besoins de l'artillerie, de l'aviation, de l'aérostation, etc. ont été appliqués par quelques météorologistes à la prévision du temps.

Ayant pendant plus de deux ans, au service météorologique de la IIIe armée, pratiqué des sondages par ballons-pilotes toutes les quatre heures, de nuit et de jour, j'ai eu l'idée de chercher une relation entre les formes des graphiques représentant la projection horizontale de la marche du ballon, les données des cartes synoptiques du temps et l'allure du baromètre et j'ai déduit de cette comparaison quelques conclusions qui peuvent servir à la prévision météorologique.

J'ai classé les formes des sondages de la façon suivante :

1° Sondages à direction constante : ce sont ceux dans lesquels les vents inférieurs et supérieurs conservent sensiblement la même direction.

2° Sondages à angle brusque : les vents supérieurs prennent *subitement* des directions, généralement des régions ouest, contraire à celle des vents inférieurs. Deux couches d'air glissent l'une sur l'autre sans frottement.

3° Sondages tournants : ce sont ceux dans lesquels les vents changent progressivement de direction avec l'altitude. Par exemple, les vents inférieurs étant des régions est ou sud-est, les vents supérieurs deviennent sud-sud-ouest et ouest avec l'altitude. Deux couches d'air se pénètrent mutuellement.

4° Sondages dans lesquels les vents de la couche 0^m-2000^m changent rapidement de direction avec le temps et sont de directions trop différentes pour des stations voisines.

5° Sondages indiquant des vents faibles et variables en direction jusqu'à grande altitude.

Au point de vue de la prévision on peut faire les remarques suivantes :

1° Les sondages de la première classe sont caractéristiques des régimes dépressionnaires ou des bords des anticyclones. La direction des vents permet de trouver celle du centre de la dépression; il se trouve sur une normale à la direction des vents vers 1000^m. Les changements de direction générale des vents avec le temps indiquent le déplacement du centre et permettent de préciser le sens de ce déplacement.

2° Les sondages à angle brusque annoncent une dépression lointaine. Si des sondages régulièrement renouvelés montrent l'angle à des altitudes de plus en plus élevées (4000^m, 5000^m, 6000^m), la dépression n'est pas à craindre. Si l'angle s'abaisse progressivement, la dépression est dangereuse, les vents supérieurs croissent en force, le baromètre baisse. Les vents supérieurs semblent venir du centre dépressionnaire.

3° Les sondages tournants de l'Est ou Sud-Est au Sud, Sud-Ouest et Ouest avec l'altitude sont les précurseurs d'orages. Non seulement ils indiquent qu'une dépression envahit la France par le Sud-Ouest (Espagne, golfe de Gascogne), mais si les vents inférieurs atteignent 4^m ou 5^m, *on doit attendre l'orage dans les 24 heures sur le lieu du sondage ou dans les environs*. En hiver on aura de la neige.

Je me suis particulièrement attaché à cette forme de sondage pendant les années 1917-1918 et une statistique faite pour les stations de Clermont (Oise), Châlons (Marne), Malzéville (Meurthe-et-Moselle), me donne un coefficient de certitude de 80 pour 100. Récemment encore, au cours de l'été dernier, par de nouveaux sondages exécutés à l'Institut de Physique du globe de Strasbourg, j'ai pu rendre M. Rothé, directeur de cet Institut, témoin de la valeur de telles observations.

Il me semble donc que parmi toutes les origines attribuées à l'électricité atmosphérique, il ne faudrait pas laisser de côté l'origine dynamique. Il est très rare en effet que l'on constate des orages par vents inférieurs et supérieurs de même direction; *la composante Est pour les vents inférieurs paraît nécessaire*. On pourrait admettre que le frottement de couches d'air de directions différentes amène une transformation d'énergie cinétique en énergie électrique ou qu'il donne lieu à une ionisation particulière favorable à la formation du cumulus orageux.

On voit ainsi combien les sondages seraient utiles sur les côtes ouest qui ne peuvent utiliser, pour la prévision, des observations plus occidentales. Le violent orage qui, dans la nuit du 15 au 16 juillet 1918, endommagea gravement l'abri d'un dirigeable à Rochefort-sur-Mer, aurait pu être prévu par les sondages.

4° Les sondages de la quatrième classe caractérisent les dépressions secondaires, les poches barométriques. Ils montrent qu'en de pareilles circonstances, seuls les vents de la couche 0^{m}-2000^{m} éprouvent des variations rapides avec le temps. Au-dessus d'eux, on retrouve les vents que dirige la dépression principale. *De pareils sondages sont aussi les précurseurs d'orages en été, de la neige en hiver.*

5° Les sondages de la cinquième classe se font sur les hauts plateaux anticycloniques ou vers le centre de vastes zones dépressionnaires.

Sans méconnaître la valeur des autres méthodes de prévision du temps, je crois pouvoir dire qu'un examen attentif des sondages apporterait à la prévision un concours très efficace.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la formation de la pluie et l'origine des cirrus.* Note de M. **Gabriel Guilbert**, présentée par M. R. Bourgeois.

L'été de 1921, dont la température a été exceptionnellement élevée, s'est signalé toutefois par de fortes chutes de neige dans les Alpes et les Pyrénées. En plein mois d'août, beaucoup de sommets, vers l'altitude de 2000^{m} ont été couverts de neige.

Ces phénomènes viennent à l'appui de notre théorie de la pluie.

Il y a, selon nous, trois catégories, bien nettes, dans la classification des précipitations atmosphériques.

La première comprend les pluies fines, bruines et brouillards humides. Les pluies de ce groupe proviennent de nuages inférieurs, cumulus ou nuages aqueux. C'est plutôt une descente des nuages cumuliformes jusqu'au sol qu'une pluie proprement dite. De fines gouttelettes, constitutives des nuages, ne sont pas de vraies gouttes d'eau.

Nous considérons la seconde catégorie de pluies comme formée de gouttes pleines, plus volumineuses, provenant de nuages supérieurs et qui alors n'est autre que de la neige fondue. Cette neige provient des nuages du type cirrus et de leurs dérivés; elle est à l'origine de toute chute de vraies gouttes d'eau.

Cette hypothèse explique parfaitement les neiges d'été.

La neige qui se détache du nuage générateur, nuage des hautes altitudes, arrive sur les hauteurs sans aucune modification, mais en descendant vers les plaines, elle trouve des couches aériennes à plus haute température. Le degré thermométrique dépassant zéro, la fusion s'opère, de sorte que la pluie tombe au sol, tandis que les sommets se recouvrent de neige.

Il en est ainsi en toute saison : toute pluie qui tombe sur la plaine n'est autre que de la neige fondue. En hiver, cette fusion de la neige n'est possible à aucune altitude et alors la neige tombe, même au niveau de la mer, si la température est assez basse.

Donc dans cette hypothèse il n'y a jamais, dans l'atmosphère, de formation de la pluie; il ne se forme que de la neige, sauf, bien entendu, les pluies fines ou bruines.

La troisième catégorie de précipitations comprend la *grêle* et la *neige grenue*. La grêle est composée de neige ou de glace compacte et dure; la neige grenue est peu résistante; la pression de la main suffit à la broyer. La formation de ces hydro-météores nous est inconnue, mais les uns et les autres proviennent des nuages supérieurs ou de leurs succédanés tous nuages glacés.

Le cirrus, sous des types variés, nous paraît donc être le grand générateur des précipitations en général.

On peut se demander quelle peut être l'origine de ces nuages.

Incontestablement le cirrus se forme dans les plus hautes altitudes : 10000^m, 12000^m ou même 15000^m.

Or nous savons, par l'expérience et les relations des aéronautes, que la vapeur d'eau à ces hauteurs, et dès 6000^m, 7000^m ou 8000^m, n'existe qu'en infinitésimales quantités et, par conséquent, les cirrus, qui ne sont que de la vapeur d'eau congelée, ne peuvent être comme quantité et comme volume, qu'en rapport avec la proportion infime de vapeur d'eau dans ces hautes altitudes. Donc, à son origine, le cirrus doit être complètement invisible et d'une extrême ténuité.

Ses cristaux ne peuvent naître que sous un volume microscopique, même si l'on supposait une brusque condensation de toute la vapeur d'eau des couches aériennes ultra-supérieures.

De cette seule considération, on doit conclure que l'extension des cristaux de cirrus ne peut se faire qu'avec une extrême lenteur. Un nuage cirriforme, visible, étendu, parfois en nappe immense, doit avoir, quand il nous est donné de l'apercevoir, une déjà longue ou très longue existence. Il est impossible, certes, de la chiffrer avec quelque certitude, mais nous pensons qu'elle peut se traduire par des jours, plutôt des semaines et peut-être des mois.

Le cirrus en épaisseur, en bancs isolés, de plusieurs centaines de mètres de hauteur, devenu nuage d'orage, le « cirro-nimbus » dans notre classification, nuage entièrement composé de glace ou de neige, dont la texture

cristalline nous est particulièrement révélée par des halos, ce nuage puissant n'a pu se former, comme le cirrus primitif dont il dérive, qu'avec une extrême lenteur. Les vrais nuages d'orage que nous apercevons, avec leurs formes caractéristiques, à « éperons », à « enclumes », à « bicornes ou bigornes », ont fort probablement des semaines et des mois d'existence. Avant de parvenir à l'état parfait, masses glacées d'un incommensurable volume, ces nuages en suspension, non encore orageux, non encore pluvieux, ont peut-être plusieurs fois accompli une rotation complète autour de la Terre, comme les autres cirrus de la succession nuageuse dont ils font partie.

La théorie que nous exposons exclut donc toute formation spontanée de nuages orageux, ainsi que les courants ascendants ou variations de température, par lesquels les orages s'expliquent dans d'autres théories météorologiques.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le mouvement des noyaux de variations de pression.* Note (1) de MM. **Ph. Schereschewski** et **Ph. Wehrlé**, présentée par M. R. Bourgeois.

Le déplacement régulier d'un noyau de variations de pression peut se déterminer en composant ses positions sur deux cartes d'égales variations de pression, soit successives à même intervalle, soit simultanées à intervalles différents. En reportant ces déplacements sur les cartes d'isobares on remarque des relations entre la topographie isobarique et leurs directions. Nous distinguerons deux cas : celui où le gradient barométrique est nettement accusé, où par conséquent les *centres d'action* de l'atmosphère (Teisserenc de Bort) sont puissamment constitués et celui où le gradient est faible et irrégulier, situation que nous dénommerons *marais barométrique*.

I. *Gradient barométrique accusé.* — La trajectoire des noyaux est dans ce cas en relation simple avec l'allure générale des isobares, abstraction faite des sinuosités que tracent les dépressions secondaires et ces saillies anticycloniques qu'Abercombry nomme *coins*. *Les noyaux suivent la direction générale des isobares orientées de façon que la pression soit plus élevée à leur droite qu'à leur gauche.*

Cette loi a une portée très générale. Mohn avait déjà remarqué en 1868

(1) Séance du 4 novembre 1921.

que les dépressions ont tendance à circuler autour d'une aire de hautes pressions en laissant le maximum à droite. Il n'envisageait que le mouvement des dépressions et non celui des noyaux. Ainsi formulée, la remarque est insuffisante. D'abord elle ne s'applique qu'à certains types de dépressions. En outre, les dépressions sont des phénomènes isolés tandis que les noyaux forment une chaîne continue, se déroulant sans cesse. Enfin Mohn comparait la marche des dépressions à la position des anticyclones, alors que la marche des noyaux peut être commandée par une dépression, dépression qui reste souvent presque immobile, mettant ainsi en défaut la remarque de Mohn. Au contraire, les noyaux qui se meuvent autour d'elle observent bien la loi générale énoncée plus haut.

A ce propos, il est essentiel de distinguer deux types généraux de dépressions : les unes se meuvent assez régulièrement et obéissent dans une certaine mesure à la règle de marche des noyaux dont elles ne sont que la trace; les autres, à l'ordinaire se déforment plutôt qu'elles ne se déplacent. Ce sont elles qui apparaissent sur les cartes moyennes et qui seules jouent le rôle de *centres d'action* négatifs. C'est autour d'elles que tournent des noyaux. On peut faire une distinction analogue parmi les formes des aires de hautes pressions. Le courant général des noyaux qui circulent autour d'un centre d'action positif n'est commandé que par le gros de la masse anticycloniqne. Aussi, les saillies ou coins éphémères, créées précisément par le passage des noyaux positifs, ne doivent pas être considérés comme appartenant au centre d'action correspondant, relativement stable.

Les noyaux qui circulent autour des centres d'action dépressionnaires diffèrent par certains traits de ceux qui longent les anticyclones. Normalement leur période (nous appelons période le double de l'intervalle qui sépare le passage dans une même région de deux noyaux consécutifs de signes contraires) est plus courte et leur surface moindre. En général, les variations correspondant à ces noyaux dépressionnaires n'apparaissent pas nettement sur les cartes d'égales variations de pression en 24 heures parce que dans cet intervalle de temps relativement long se superposent en une même station des variations de sens contraire dont la somme est faible. Mais les variations de ce type peuvent se traduire par des tendances considérables, et leur importance est grande car elles commandent très énergiquement le temps dans nos régions.

La loi générale de marche des noyaux est particulièrement bien mise en évidence par certains dédoublements qui se produisent dans la zone où deux centres d'action positifs et négatifs jusque-là contigus se séparent :

les noyaux résultants s'écartent alors, longeant l'un la dépression, l'autre l'anticyclone.

II. *Gradient faible par marais barométrique.* — Les cas, où le gradient est faible sur de vastes espaces ont une grande importance dans nos régions car c'est à de telles situations que correspondent les périodes orageuses. Les « centres d'action » font ici défaut ou se trouve être jetés à grande distance de la trajectoire des noyaux. Le mouvement de ces noyaux peut néanmoins avoir une direction et une vitesse bien définies et qui, sans avoir de relation évidente avec les sinuosités incohérentes des isobares au sol, n'en sont pas moins caractéristiques d'un « régime » qui dure généralement plusieurs jours. C'est ainsi par exemple que dans un type très fréquent de régime orageux, des noyaux à grande période (48 heures au moins), à vitesse faible, peu profonde et se déformant beaucoup, attaquent l'Espagne au Sud-Ouest et se déplacent vers le Nord-Est.

Il y a lieu enfin de signaler un cas intéressant où, bien qu'il existe au sol un certain relief isobarique, la règle de Mohn n'est pas applicable, mais où le mouvement des noyaux constitue encore un régime net : c'est le cas que nous nommons du « courant d'Ouest ». Il s'agit de noyaux profonds, très allongès du Nord au Sud, abordant l'Europe sur un grand frond et marchant vers l'Est en traversant sans déviation un anticyclone d'altitude moyenne (cas le plus récent ; 3-4 avril 1921). Tout au plus peut-on observer qu'en plein anticyclone cette houle semble amortie, le maximum de profondeur du noyau étant excentré vers la zone de moindre pression et le faîte de l'anticyclone n'étant balayé que par un prolongement faible, toutefois assez intense pour modeler énergiquement la masse anticyclonique à son passage.

III. *Notion d'un courant matériel.* — La propagation des noyaux dans la direction générale des isobares incite à un premier rapprochement entre le mouvement des noyaux et les courants d'altitude moyenne, ceux-ci étant indiqués grossièrement par la direction générale des isobares. En outre, la circulation des noyaux, rapide dans les zones de gradient serré, c'est-à-dire à vent fort, tend le plus souvent à devenir lente dans les marais barométriques, où le vent est faible. D'où une liaison possible de vitesse entre les deux phénomènes. D'ailleurs celle des noyaux reste très généralement comprise dans l'intervalle 30^{km}-70^{km} à l'heure, qui correspond précisément aux vitesses ordinaires du vent en altitude. En comparant le mouvement des noyaux aux cartes de sondages on peut énoncer la loi générale suivante : *Il existe toujours à une altitude comprise*

entre 1^{km} *et* 6^{km} *un courant de vent dont la direction et la vitesse sont les mêmes que celles du déplacement des noyaux* [1]. Cette loi est très importante en matière de prévision barométrique.

Remarquons enfin que les variations barométriques caractérisées sont presque toujours associées à des systèmes nuageux. Or ceux-ci sont véhiculés par le vent. Précisons : le vent diffère suivant l'altitude et un système nuageux comprend des nuages bas, moyens et élevés. Mais les nuages très bas ou très élevés sont des formations dont les mouvements parfois ne participent pas à celui de l'ensemble du système. Tout se passe comme si le système nuageux se reconstituait sans cesse autour du corps (nuages moyens : alto-stratus, alto-cumulus). L'ensemble se déplace dans le courant de vent à l'altitude du corps. C'est une raison pour placer le transport des noyaux de variations entre 1^{km} et 5^{km} limites d'altitude des corps.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la constitution du massif volcanique cantalien.* Note [2] de Mlle **Y. Boisse de Black** et M. **Pierre Marty.**

Nous avons démontré dans une Note précédente la pluralité des appareils volcaniques du Cantal, en insistant plus spécialement sur le mont Saporta, l'Albert Gaudry et le Griou. Il existe encore dans le Cantal d'autres volcans plus récents et basaltiques à l'étude desquels nous consacrons cette Note.

Une partie des basaltes du Cantal est issue de ses grands appareils andésitiques; d'autre part, un fort contingent du basalte qui entoure le massif est attribuable à de petits évents sporadiques complètement indépendants dudit massif. Tels sont les volcans de Pagro, de Gourdièges, du roc du Merle, et les trois necks de Bredon, de Bonnevie et de Chastel qui s'alignent sur une cassure dans le bassin de Murat.

Mais, outre les coulées issues des volcans périphériques et celles provenant des cratères centraux, il existe dans le Cantal deux points de sortie basaltiques très importants.

Au flanc nord-ouest de l'Albert Gaudry se greffe le Puy Violent, son sommet est creusé d'une dépression circulaire ouverte vers l'Ouest. De cette brèche sort la grande coulée basaltique qui forme la Planèze de

(1) Dans le cas de scission d'un noyau, on trouve bien en altitude deux courants divergents.

(2) Séance du 14 novembre 1921.

Mauriac. Tournaire avait considéré le Puy Violent comme un volcan autonome. Le second de ces appareils volcaniques, que nous nommerons « volcan du Puy Gros », mérite d'être décrit avec quelques détails.

Ce volcan est inscrit dans l'angle formé par les vallées de la Cère et du Brezons qui ont légèrement entamé son enceinte externe. Il est séparé du massif du mont Saporta par un sillon d'une centaine de mètres de profondeur. C'est un volcan de type hawaïen à profil très surbaissé. Il se compose d'une double enceinte. L'externe, égueulée vers le Sud-Ouest, n'est plus représentée que par trois arcs de cercle, les érosions latérales ayant rompu la continuité de cette enceinte externe qui mesure du roc du Cayla au Puy de la Grousse $6^{km},500$ de diamètre et dont la circonférence est de 20^{km} environ. Cet énorme volcan, méconnu jusqu'ici, possède donc un cratère externe égal à celui de l'Albert Gaudry.

Le cratère interne du volcan du Puy Gros n'est pas exactement concentrique à l'externe. Les deux cercles inscrits l'un dans l'autre sont tangents au Puy Gros. Les sortes d'*Atrio del cavallo*, qui s'interposent dans les parties libres de l'arc interne et de l'arc externe, constituent deux vallées structurales dirigées vers le Sud. Ce sont la vallée de Malbo à l'Est, d'origine glaciaire; la vallée du Goul à l'Ouest, d'origine fluviatile.

Le volcan interne forme une protubérance qui domine ces dépressions d'environ 200^m. C'est un cône très surbaissé, mais très régulier, entourant un cratère circulaire dont le diamètre est de 2200^m, la profondeur de 500^m. L'ouverture de l'égueulement est de 1200^m. Le fond circulaire du cratère est surcreusé en ellipse par le Siniq qui le draine. Ce cratère a servi de réservoir névéen à la vallée du Siniq qui a été occupée par un glacier de type alpin décrit par M. Boule. Ce glacier mindélien se soudait à son extrémité inférieure aux glaciers de plateau issus des pentes externes du volcan, le tout ayant produit un piedmont-glacier.

Le volcan externe du Puy Gros est formé exclusivement de roches vives, de basalte compact à texture nettement cristalline dont Fouqué a donné la description pétrographique. Le cône terminal du volcan interne est au contraire entièrement formé de produits de projections rubéfiés, tufs, scories, bombes alternant avec des basaltes bulleux et scoriacés. L'intérieur du cratère est d'un accès difficile à cause de la raideur des parois et des forêts qui les masquent; nous n'avons donc pas la prétention d'en donner une coupe complète. Certaines des roches qui affleurent dans ledit cratère dépendent du soubassement du mont Saporta à travers lequel s'est fait jour le volcan du Puy Gros. Proviennent exclusivement de ce dernier, ses tufs basaltiques, ses basaltes et deux autres sortes de roches. La première forme

directement sous le basalte une coulée épaisse de 50^m, longue de 2^{km} entre le Puy-de-Bane et la Francio. C'est une roche augitique, à olivine aux deux temps, mais à microlites d'andésine. Elle n'a été signalée nulle part ailleurs dans le Cantal, sauf sur ce point où l'un de nous l'a découverte. La seconde est un basalte semi-ophitique très abondant dans l'erratique du plateau de Pailherols sur les pentes externes du cône dont elle provient nécessairement.

Le volcan du Puy Gros a donc émis en propre de bas en haut : des basaltes demi-deuil, des andésites à olivine et des basaltes francs. Au-dessous des deux premières de ces roches, nous avons observé dans le cratère deux coulées d'andésite, l'inférieure, augitique, alternant avec des conglomérats et des cinérites. Dans les alluvions du Siniq issu de ce cratère nous avons recueilli des trachytes très acides et des phonolithes dont certains à haüyne. Mais ces dernières roches sont indépendantes au point de vue génétique du volcan du Puy Gros et appartiennent au volcan mio-pliocène du mont Saporta.

C'est vers le Sud que s'est épanchée la grande masse des laves provenant du volcan du Puy Gros. Certaines de ces coulées s'étendent sur 35^{km} de long et leur ensemble a recouvert une pénéplaine günzienne de 600^{km^2} de superficie.

En résumé, le massif volcanique du Cantal est composé de cinq volcans principaux. Le mont Saporta d'âge mio-pliocène, composé de trachy-phonolithes, de conglomérat andésitique, d'andésites et de basalte; l'Albert Gaudry presque exclusivement pliocène, formé de projections andésitiques de basalte porphyroïde, d'andésite et de basalte; le Griou, pliocène et entièrement phonolithique; le Puy Violent exclusivement pliocène et probablement complètement basaltique; enfin le Puy Gros, qui a émis des basaltes demi-deuil, des andésites à olivine et des basaltes francs, est aussi exclusivement pliocène.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Transformation, par oxydation, en pigment rouge, des chromogènes de quelques plantes.* Note [1] de M. **St. Jonesco**, présentée par M. Gaston Bonnier.

J'ai démontré dans une Note précédente [2] que le mode de formation de l'anthocyane chez les fleurs de *Cobœa scandens* n'est pas un cas particulier

---

(1) Séance du 14 novembre 1921.

(2) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 850.

comme on l'avait cru. L'existence indiscutable des glucosides préexistants, que j'ai mise en évidence, et la présence simultanée d'un pigment jaunâtre dans les fleurs non colorées sont des indications que le cas du *Cobœa scandens* ne se présente pas comme exceptionnel, mais rentre dans les phénomènes généraux du rougissement des plantes.

Je m'occupe dans la présente Note de la transformation, par oxydation, du chromogène des fleurs non colorées de cette plante en un pigment *rouge violacé*. J'ajoute à cet exemple ceux d'un *chromogène jaune* des plantules étiolées de « Blé de Bordeaux », d'un *pigment jaunâtre* des feuilles vertes d'*Ampelopsis hederacea* et enfin d'un *extrait acide jaune* des feuilles vertes de la même plante.

Les pigments jaunes de *Cobœa* et de Blé étiolé ont été obtenus d'après la méthode que j'ai employée pour la préparation des anthocyanidines à l'état libre; le pigment jaunâtre d'*Ampelopsis* a été obtenu en agitant plusieurs fois l'extrait acide de feuilles vertes avec de l'alcool amylique, où ce pigment passe très facilement.

On sait déjà que des fleurs non colorées introduites dans des acides étendus deviennent rouges. Karzel ([1]), Schnetzler ([2]) et dernièrement M. Kurt Noack ([3]) ont fait des expériences dans ce sens. Ce dernier auteur a pratiqué des coupes dans les fleurs non colorées de *Cobœa scandens*, qu'il a traitées par l'acide sulfurique étendu. Il a constaté alors que les cellules épidermiques de la face intérieure de la fleur, qui sont colorées en jaune, prennent une teinte légèrement rouge, tandis que les cellules vertes de la face extérieure ne changent pas de couleur. Par l'alcool amylique, il a retiré un pigment jaunâtre d'un extrait des fleurs non colorées de la même plante, et ce pigment n'a pu être transformé en pigment rouge, ni par simple chauffage avec de l'acide chlorhydrique, ni par réduction suivie de chauffage.

I. Après l'extraction du pigment de *Cobœa* et du pigment jaune de Blé étiolé qui présente les mêmes caractères que le premier, j'ai répété les essais de M. Kurt Noack et je n'ai pas obtenu plus de résultat que lui. Les deux pigments restent indifférents au traitement, sauf un renforcement de la couleur jaune par chauffage avec de l'acide chlorhydrique dilué.

Au contraire, je suis arrivé à des résultats tout à fait concluants en

---

([1]) Karzel, *Œsterr. bot. Ztg.*, t. 56, 1906, p. 348.

([2]) Schnetzler, *Les Mondes*, t. 53, 1880; *Rel. Bot. Centralbl.*, t. 5, 1881, p. 103.

([3]) Kurt Noack, *Zeitschrift f. Botanik*, Heft 10, 1918.

employant la méthode d'oxydation appliquée par M. Kozlowski ([1]) pour transformer un chromogène incolore de « Betterave blanche à sucre » en un pigment rouge et violet. Le pigment de *Cobœa* et de Blé, dissous dans l'alcool amylique, a été oxydé par l'action de l'acide sulfurique et du bioxyde de manganèse à une température de 50° à 60°. On peut suivre par cette méthode tous les degrés d'oxydation que le pigment subit pendant sa transformation. La couleur devient successivement jaune foncé, brune, rouge, rouge foncé. Quand l'oxydation est finie, on laisse le pigment se refroidir pour pouvoir l'isoler. Dans un tube à essai on prend une petite quantité du mélange d'acide sulfurique et du pigment; on y ajoute de l'acide acétique en excès et l'on agite avec soin de façon que le pigment passe progressivement dans l'acide acétique. On voit alors que cet acide prend une teinte *rouge violacé* avec le pigment des fleurs non colorées de *Cobœa scandens* et une teinte *rouge violet* avec celui du Blé étiolé. Le pigment, traité par les alcalis, prend une coloration jaune, mais en ajoutant de l'acide chlorhydrique la coloration rouge réapparaît.

Ce pigment passe aussi dans l'alcool amylique où il garde longtemps sa coloration rouge violacé ou violet si l'on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique concentré.

II. Le cas de l' *Ampelopsis* présente une particularité tout à fait intéressante.

1° *L'extrait acide*, après avoir été bien lavé par l'alcool amylique pour extraire le pigment jaune, a été soumis à la réduction par l'amalgame de sodium, et alors il ne change pas de couleur. Au contraire, si on l'oxyde, il se transforme en un pigment *rouge* qui a la plus grande ressemblance avec celui que l'on extrait de mêmes plantes rouges par l'acide sulfurique à 7 pour 100.

2° *Le pigment jaune* obtenu dans l'alcool amylique a été lui aussi, oxydé, et il s'est transformé également en un *pigment rouge caractéristique*.

D'autre part, chauffé simplement avec de l'acide chlorhydrique à 20 pour 100 pendant 15 à 20 minutes, il prend *une belle coloration rouge cerise très intense*. Au contraire, soumis à la réduction par l'amalgame de sodium et acidifié par l'acide chlorhydrique il ne se colore en aucune façon. Si, par filtration, on les sépare des produits résultant de la décomposition complète de l'amalgame, et si on le chauffe, il prend la même coloration que celui

---

([1]) A. Kozlowski, *Formation du pigment rouge de* Beta vulgaris *par oxydation des chromogènes* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 855).

qui est traité directement par l'acide chlorhydrique. M. Kurt Noack ne s'était pas occupé de l'action oxydante, mais par le traitement à l'acide chlorhydrique et pour la réduction, il avait obtenu, le premier, ces résultats que j'ai vérifiés. Par conséquent, ce n'est pas le phénomène de réduction qui provoque la coloration du pigment, mais seulement l'action de l'acide chlorhydrique. Cette action de l'acide chlorhydrique est déjà connue dans la transformation des pseudo-bases. Ces dernières proviennent d'anthocyanidines rouges par isomérisation et changement de couleur. L'acide chlorhydrique redonne cette coloration initiale.

Si plusieurs auteurs ont cru pouvoir affirmer que la transformation de quelques pigments jaune brunâtre en un pigment rouge avait pour causes des phénomènes de réduction, c'est qu'après l'action de l'amalgame de sodium, ils ont chauffé la solution qui contenait de l'acide chlorhydrique, et alors ils ont attribué aux phénomènes de réduction ce qui en réalité était dû exclusivement à l'action de cet acide. La preuve en est que ce simple chauffage, sans réduction préalable, produit la coloration rouge de ceux de ces pigments jaunâtres susceptibles d'éprouver un tel changement de couleur.

En résumé, *il résulte de nombreuses observations antérieures, des expériences de M. Kozlowski et des miennes, que l'apparition du pigment rouge chez les plantes est dû, non à des réductions, mais au contraire, à des phénomènes d'oxydation*.

BOTANIQUE. — *Le problème du géotropisme.* Note de M. **H. Ricome**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La cause du géotropisme est le poids, le poids des constituants de la région considérée et le poids mort soutenu par elle. L'agent de la pesanteur est l'eau. Grâce à sa mobilité et surtout à son renouvellement, l'eau transforme la chute en tropisme. La réaction tropique est des plus variée parce qu'elle dépend de la structure de la plante et qu'elle change avec toute modification de cette structure, notamment et surtout avec la quantité d'eau.

Ne pouvant connaître toutes les raisons qui donnent à telle plante tel mode de végétation, force est de s'en tenir aux faits accessibles. Ils sont d'ailleurs suffisamment probants. Nous avons établi que la réaction tropique variait avec l'état de la cellule (division, élongation, état osmotique).

et que cette réaction était totale, limitée ou nulle suivant que l'organe disposait de plus ou moins d'eau. Ces deux points admis, le problème se présente sous un jour nouveau.

L'intervention d'un organe d'orientation est une conception non seulement inexacte, mais même inadmissible. Une cellule ou un ensemble de cellules dont la turgescence varie sous les influences les plus diverses doit nécessairement changer son orientation chaque fois qu'il y a déformation. Un organe d'orientation ne pourrait avoir pour rôle que d'entraver cette réaction et d'en déterminer une autre. Or il suffit de tenir compte de la constitution générale et de l'état particulier des cellules, surtout de l'état d'hydratation, pour voir que les réactions constatées cadrent avec les prévisions déduites des phénomènes de turgescence.

La croissance s'effectue par l'intermédiaire de la turgescence. L'intensité maximum *possible* de la turgescence est fixée par le nombre de molécules dissoutes. Mais pour un même nombre de molécules dissoutes, l'intensité *réelle* de la turgescence varie de o à ce maximum suivant la quantité d'eau. Or, d'une part, la forme des cellules change avec l'orientation, sans que au début le volume change à cause de la quasi-incompressibilité de l'eau. Donc la turgescence varie avec l'orientation. Or, d'autre part, le volume des cellules change avec la quantité d'eau, avec ou sans changement de forme. Donc la turgescence varie avec le régime d'hydratation (sauf dans le cas exceptionnel où le changement de forme compense le changement de volume).

Appliquons d'abord ceci au changement d'orientation. Là où le rapport de la surface au volume diminue (cellules comprimées), la turgescence diminue. Là où il augmente (cellules étirées), la turgescence augmente. Les membranes cellulaires sont les unes en état de détente (cellules comprimées), les autres en état d'extension (cellules étirées); leur élasticité tend à leur faire reprendre leur état primitif. L'eau, en se renouvelant, se répartit conformément à ces conditions nouvelles. Voici un exemple choisi parmi les plus nets. Un rameau que l'on couche, fléchit sous le poids. Le poids est soutenu par la résistance des membranes aidée de l'incompressibilité de l'eau (effet-poids). Mais les conditions susmentionnées font affluer l'eau vers le bas (fait constaté dans toutes nos expériences). L'organe reprend plus ou moins sa forme primitive, en dehors de tout phénomène de croissance, soutenu alors par la turgescence des cellules, au moins de certaines cellules (effet-réplétion). Dès lors, si dans cette position nouvelle la croissance se continue ou reprend, elle est nécessairement inégale, tant que

le conflit entre la turgescence de chaque cellule et la pression extérieure qu'elle subit ne donne pas, pour l'ensemble des cellules, une résultante de croissance dirigée suivant l'axe de l'organe (effet-tropisme).

Quel que soit le processus inconnu de la croissance, les principes de la Mécanique conduisent à cette conclusion : pour un organe fixé seulement en l'un de ses points et disposant d'une quantité d'eau mobilisable déterminée, il n'est, sous l'effet de la pesanteur, qu'une seule position d'équilibre mécanique stable de croissance. Cette position n'est autre que la direction définitive de l'organe. Dans toute autre position, la croissance est inégale et par suite curviligne. On comprend ainsi qu'un rameau déplacé s'incurve jusqu'à revenir à son orientation primitive.

Passons au régime d'hydratation. L'orientation d'un organe par la pesanteur dépend avant tout de sa constitution. Il ne peut de lui-même modifier son orientation sous l'influence d'un changement de régime qu'entre deux limites extrêmes correspondant l'une à une quantité d'eau maximum, l'autre à une quantité minimum. A cette dernière dose, toute l'eau est retenue par les forces moléculaires; la pesanteur est privée de son moyen d'action tropique, l'eau, et l'organe est indifférent. Au-dessous de cette dose commence la flétrissure. Alors l'effet-tropisme et l'effet-réplétion n'existent plus, seul subsiste l'effet-poids.

Le changement de régime, modifiant le volume des cellules, les déforme à cause de leur hétérogénéité, à cause de leurs relations avec les voisines, et les déforme inégalement. Dès lors, les conclusions énoncées pour le changement d'orientation sont applicables. On comprend qu'un changement de régime provoque un changement d'orientation par incurvation, que le long d'un axe chaque région ait une orientation propre, ce qui rend la croissance curviligne avec décurvation.

La nuit, la quantité d'eau augmente de plus en plus, mais la quantité de principes dissous diminue aussi de plus en plus. Le jour, le contraire se produit. Ces variations inverses des deux facteurs, d'où résulte l'intensité de la turgescence, se compensent dans une mesure suffisante pour que, ordinairement, le changement d'orientation journalier soit peu apparent. Expérimentalement, on peut l'accentuer beaucoup.

Ce qui, jusqu'à maintenant, empêchait d'envisager l'action de la pesanteur sous le jour où nous la présentons, c'est la variété des manifestations géotropiques et leur allure contradictoire. Les raisons de cette variabilité sont la constitution et l'état des cellules, surtout l'état d'hydratation.

Le problème se trouve ramené à ceci : élucider les conditions qui font

qu'une cellule se divise ou ne se divise pas, s'accroît ou ne s'accroît pas. Une fois ceci établi, le problème du géotropisme sera résolu, parce qu'on pourra en déduire les conditions mécaniques internes.

BOTANIQUE. — *Contribution à l'étude de la gélification de la membrane lignifiée chez le Châtaignier*. Note de MM. **R. Morquer** et **J. Dufrenoy**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Observations macroscopiques. — Chez un assez grand nombre de Châtaigniers atteints par la maladie de « l'Encre », nous avons observé un brunissement local du bois dans la racine ainsi qu'à la base du tronc, à quelques centimètres à l'intérieur des tissus; le bois périphérique demeurait généralement blanc. Ces colorations observées sur des tissus ne présentant pas trace de nécrose, ont persisté même après exposition à l'air pendant plusieurs jours, sur des échantillons détachés de l'arbre.

Nous avons observé, sur la route de Saint-Jean-de-Luz aux Espelettes, un Châtaignier malade de « l'Encre », seul vestige d'une antique châtaigneraie; il était abrité sur une pente où d'autres Châtaigniers, exposés à une insolation plus forte, avaient péri (détail à rapprocher de la survie plusieurs fois constatée des Châtaigniers exposés au Nord ou situés à l'ombre d'autres arbres : cette résistance est d'ailleurs relative, car ces Châtaigniers finissent par périr après quelques années).

L'exemplaire de bois, emprunté à la racine de cet arbre, appartenait à un bois malade :

1° Parce qu'il provenait d'une racine correspondant à des rameaux ne présentant plus que quelques feuilles courtes et chlorotiques ou déjà jaunies;

2° Parce que les extrémités radiculaires portaient un feutrage de mycélium blanc visible à l'œil nu.

La racine ne portait pas trace de nécrose dans la région d'où nous avons extrait l'échantillon considéré.

Une coupe transversale pratiquée dans cet organe montrait une écorce intacte, un bois périphérique blanc passant sans transition à un bois plus interne de couleur brune.

Observations microscopiques. — L'étude microchimique de coupes pratiquées :

a. Dans les régions blanches du bois;

b. Dans les régions brunies;

Enfin dans la limite de ces deux régions, nous a fourni les résultats suivants :

Dans aucune de ces coupes nous n'avons observé de mycélium, de bactéries ou de nécroses.

a. Les régions blanches du bois ont été soumises à l'action des réactifs de la lignine : les membranes se sont faiblement colorées en rose très pâle par la phloroglucine chlorhydrique, en jaune très pâle par le chlorhydrate de benzidine (colorant introduit par Mangin), en rose à peine teinté par le réactif de Maule; ces mêmes membranes ne fournissaient pas la réaction de Combes (acétate de plomb ou de zinc, sulfuration et traitement par l'acide sulfurique concentré).

Certaines portions des coupes traitées par les méthodes précisées n'offraient même que des résultats négatifs, mais immergées au préalable dans une solution alcoolique concentrée de potasse, elles ont fourni une coloration violet bleu sous l'action de la benzoazurine en solution aqueuse qui accusait la seule présence de la cellulose.

b. Les régions brunies du bois de Châtaignier différaient notablement des précédentes par leur réaction.

Les membranes étaient très peu colorées, comme dans le premier cas, par les réactifs de la lignine, mais certaines portions des coupes, irrégulièrement réparties, donnaient ces colorations avec un peu plus de netteté.

Dans les parties brunies, la lumière des cellules était remplie par une substance hyaline d'apparence analogue à celle des thylles gommeuses; cette substance présentait les réactions de la lignine avec une grande intensité :

Rouge cerise pour la phloroglucine chlorhydrique;
Jaune orangé par le chlorure de benzidine;
Jaune paille par le sulfate d'aniline;
Rose par le réactif de Maule;
Rose par le réactif de Combes.

Ainsi les deux derniers réactifs colorent avec moins d'intensité la substance hyaline qu'ils ne teintent en général le bois sain.

Dans les mêmes tissus, les thylles sont assez abondantes dans quelques-uns des gros vaisseaux du bois et produisent quoique très faiblement (avec beaucoup moins d'intensité que les membranes) les réactions de la lignine. Il arrive même assez fréquemment que les membranes aient perdu complètement, en certains points isolés, le pouvoir de donner les réactions de la lignine, tandis que la substance hyaline intracellulaire se colore avec beau-

coup d'intensité, surtout sous l'action de la phloroglucine chlorhydrique.

La substance lignifiante peut donc abandonner complètement la membrane qui la renfermait primitivement et apparaître dans les substances provenant de la gélification de tout ou partie de cette membrane.

L'examen des préparations fait supposer que la lignine est absorbée par les substances gélifiées accumulées dans la cavité cellulaire.

Il existe des cas extrêmes où toute membrane cellulaire ayant disparu, la substance, provenant de sa gélification, occupe la lacune ainsi constituée et continue à présenter les caractères de la lignine.

Nous avons pu obtenir, après traitement par une solution alcaline, une double coloration de la zone limite du bois blanc et du bois bruni : la benzoazurine a coloré en bleu violet, dans la zone blanche, les membranes ayant perdu toutes traces de lignine; tandis que, dans la zone brunie, le chlorure de benzidine colorait en jaune les régions qui en renfermaient encore.

La potasse en solution alcoolique concentrée ne peut enlever à la gelée intracellulaire le principe lignifiant.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action corrosive des racines sur le marbre.* Note de M. **E. Chemin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les traités de Physiologie végétale, même les ouvrages élémentaires destinés aux élèves des écoles, consacrent un paragraphe à la digestion des sels insolubles par la racine. Cette notion fut introduite dans la science par Sachs ([1]); des racines se développant sur du marbre blanc, de la dolomie blanche, de la magnésite blanche, de l'ostéolithe, tous corps parfaitement polis, laissaient leur trace sous forme de lignes de corrosion nettement marquées, rugueuses, mais très peu profondes; si le poli était insuffisant, comme avec l'ostéolithe, les lignes ne devenaient visibles qu'en inclinant la plaque vers la lumière. Depuis, divers auteurs ont recherché la nature des acides excrétés. A l'action de l'acide carbonique admise par tous, s'ajoute l'action de diverses substances acides : pour Detmer ([2]), ce sont des acides organiques et même de l'acide chlorhydrique : pour Czapek ([3]), ce sont les acides acétique, propionique, butyrique et le phosphate acide de potassium;

([1]) Sachs, *Handbuch der Experimental Physiologie der Pflanzen*, Leipzig, 1865.
([2]) W. Detmer, *Physiologie végétale*, 1890.
([3]) Czapek, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, 1896.

pour Coupin ([1]) l'acidité pourrait être due à l'acide malique. Ce dernier auteur, déjà peu affirmatif quant à la nature de l'acide, ajoute : « Je croirais volontiers que les corrosions si souvent décrites, d'une manière peut-être exagérée..., sont plutôt dues aux crevasses superficielles de l'écorce, produisant un liquide acide, qu'à l'excrétion naturelle de ce liquide, laquelle est presque toujours d'intensité très faible. »

J'ai repris les expériences de Sachs. Trois plaques de marbre blanc parfaitement poli ont été placées au fond de trois cuvettes et recouvertes de quelques centimètres de sable fin où furent introduites des graines en germination (haricots, pois et graines de sarrasin). Au bout de 10 jours, les parties aériennes ayant de 10^{cm} à 15^{cm} de hauteur, les germinations furent déterrées ; les racines rampaient à la surface du marbre et débordaient sur les côtés. Dans les trois cas, les racines avaient marqué leur place sur le marbre. Les traces laissées sont insensibles à l'ongle ; par réflexion, et sous une incidence appropriée, elles apparaissent comme des lignes brunâtres que le mouillage de la plaque fait disparaître et qui reparaissent par séchage. La corrosion est donc très faible. Il me paraît difficile de l'attribuer au suc cellulaire, comme le veut Coupin, car une croissance lente, continue sur une surface polie, ne peut provoquer ni froissements ni déchirures ; et, s'il y a aplatissement apparent de la racine dans la région de contact, cela tient à ce que les poils absorbants n'ont pu s'y développer et non à la rupture de poils préalablement formés. D'ailleurs la corrosion s'observe déjà au voisinage de l'extrémité, là où les poils absorbants ne sont pas encore développés.

Pour déterminer, si possible, la nature des acides agissants, j'ai remplacé les racines par un fil de coton formé de plusieurs brins lâchement tressés, parfaitement lavé, et imprégné de diverses solutions acides très diluées. A cet effet, une des extrémités plongeait dans un godet contenant la solution, puis, passant par-dessus bord, le fil s'étalait sur la plaque de marbre placée à un niveau légèrement inférieur à celui du liquide.

Tous les acides employés (acides chlorhydrique, formique, acétique, malique, tartrique, citrique, oxalique) à des titres acidimétriques variant de $\frac{1}{200}$ à $\frac{1}{500}$ ont laissé, en quelques heures, une trace très nette avec rugosité sensible à l'ongle. De l'eau de Seltz, parfaitement neutre à l'hélianthine, et, par conséquent, exempte de tout acide autre que CO^2, donne, au bout de 24 heures, une trace souvent plus apparente que la trace laissée par des racines. Le gaz carbonique, émis normalement dans la respiration, peut

([1]) H. Coupin, *Sur l'excrétion acide des racines* (*Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 564).

donc produire sur le marbre les figures de corrosion déterminées par les racines.

D'autres acides ne viendraient-ils pas ajouter leur action à celle de CO^2? En faisant développer des haricots, des pois, des grains de sarrasin dans de la gélose à 1 pour 100 teintée par du tournesol bleu, suivant la méthode indiquée par Coupin, on obtient, au bout de quelques jours, une teinte rouge vineux dans toute la masse. Cette expérience n'est pas concluante, car le tournesol est sensible à l'acide carbonique et il suffit de verser quelques gouttes d'une solution de cet acide sur de la gélose teintée en bleu pour obtenir un changement de coloration. C'est à l'hélianthine, insensible à l'acide carbonique, qu'il convient de s'adresser. De la gélose à 1 pour 100, teintée en jaune par de l'hélianthine, fut répartie en quatre tubes; un haricot en germination fut placé dans le premier, un pois dans le second, trois grains de sarrasin dans le troisième, le quatrième servait de tube témoin. Au bout de huit jours, les racines principales de haricot et de pois avaient de 4^{cm} à 5^{cm} de longueur et présentaient de nombreuses radicelles, les racines de sarrasin étaient également abondantes. Aucun changement de teinte ne put être observé. Pour s'assurer que l'hélianthine n'avait pas été altérée lors de la préparation à chaud de la masse de gélose, les plantes furent enlevées et quelques gouttes de solution très étendues d'acides malique, oxalique et tartrique furent versées dans chacun des tubes. Dans tous les cas la coloration rouge apparut et s'étendit peu à peu à toute la masse.

De ces expériences il est permis de conclure, pour les plantes étudiées tout au moins, *que les racines n'excrètent, d'une manière sensible, aucun autre acide que l'acide carbonique, et que cette excrétion est suffisante pour expliquer la corrosion du marbre*. Les bicarbonates, résultant de l'action de CO^2 sur le calcaire, dissous dans l'eau, sont vraisemblablement absorbés par la plante. Mais ces réactions et ces échanges peuvent être provoqués par du gaz carbonique de toute autre origine; parce qu'il est émis par les racines on ne peut le considérer comme un suc digestif, ni attribuer à la racine un pouvoir de digestion.

PHYSIOLOGIE. — *La protection contre les vibrations sonores.* Note de M. **Marage**, présentée par M. d'Arsonval.

Le problème à résoudre comporte deux solutions suivant que l'on emploie comme appareil récepteur l'oreille ou un instrument de physique; aujourd'hui nous ne nous occuperons que de la première solution.

Cette Note est divisée en deux paragraphes :

1° L'oreille, considérée comme récepteur.

2° La protection de ce récepteur par trois procédés : A, des corps isolants ; B, la modification de la source sonore ; C, la modification du récepteur.

I. L'oreille considérée comme récepteur. — L'oreille est un récepteur très sensible, mais cette sensibilité varie avec la hauteur et le timbre des vibrations transmises.

Pour comprendre ce que je vais dire, il faut se rappeler que l'organe auditif doit être considéré comme formé de deux parties : *a*, la transmission mécanique ; *b*, la réception nerveuse.

a. *La transmission mécanique* se fait par le tympan et la chaîne des osselets qui conduit le son au liquide de l'oreille interne en diminuant de $\frac{1}{4}$ environ l'amplitude des déplacements du tympan ; ces déplacements sont, au plus, de l'ordre de grandeur d'une fraction de micron.

b. *La réception nerveuse* se fait par le nerf auditif dont l'extrémité distale plonge dans l'endolymphe de l'oreille interne, et l'extrémité proximale arrive aux cellules nerveuses des différents centres de l'encéphale.

Les faits d'observation bien démontrés aujourd'hui sont les suivants :

a. L'oreille est beaucoup plus sensible aux sons aigus qu'aux sons graves, aux sons faux qu'aux sons justes.

b. L'oreille n'est pas un instrument inerte comme un appareil récepteur quelconque qui renforcerait certains sons ; elle écoute et interprète par le cerveau, et chaque cerveau écoute et interprète à sa façon, ce qui explique les divergences entre les critiques musicaux.

II. La protection de l'oreille. — Voici les résultats auxquels je suis arrivé :

A. Il s'agit d'empêcher les vibrations extérieures de pénétrer dans une pièce.

a. *Vibrations transmises par l'air*. — Les doubles fenêtres, les carreaux très épais, doubles ou triples, les murs revêtus de liège aggloméré d'une épaisseur de 15^{cm} sont absolument insuffisants.

Le seul moyen d'obtenir un résultat est de faire une seconde chambre dans la première, dont les murs en substance absorbante soient au moins à 30^{cm} des murs extérieurs. Le résultat sera d'autant plus satisfaisant que cet espace intermural sera plus grand.

b. *Vibrations transmises par le sol et les murs*. — Il est presque impossible de s'en isoler.

Dans un cas pour un hôtel situé près d'une station de métropolitain on a

obtenu un résultat satisfaisant en creusant entre le souterrain et l'immeuble une tranchée très profonde que l'on a ensuite remplie de sable de rivière; ce procédé n'est pas à la portée de tout le monde.

Mais je n'ai jamais pu isoler complètement les vibrations d'un piano qui sont transmises surtout par les parties solides d'un immeuble. On isole très bien les petits moteurs électriques et les machines à écrire ou à coudre en les plaçant sur une surface cannée avec du jonc comme le siège de certaines chaises.

B. Modification de la source sonore. — Rien ne serait plus facile que de faire disparaître les bruits fatigants causés par les véhicules hippo ou automobiles : hippomobiles, en supprimant les grelots qui s'entendent surtout la nuit; automobiles, en supprimant les trompes qui sont, non seulement inutiles, mais nuisibles.

Elles sont inutiles, car les sourds ne sont pas plus souvent écrasés que les entendants.

Elles sont nuisibles, car le chauffeur croise les rues à 30^{km} à l'heure lorsqu'il a respecté le règlement en cornant à l'avance, et c'est pur hasard s'il n'y a pas de collision.

Si l'on tient, cependant à conserver les trompes d'auto, il faut leur faire donner un son grave et supprimer les harmoniques aigus soit en enlevant le pavillon, soit en le construisant avec des métaux non vibrants, plomb ou aluminium, soit enfin en le formant de plusieurs secteurs soudés ensemble comme, sur mon conseil, on a modifié jadis les pavillons des phonographes.

Enfin, pour les tramways, les timbres devraient donner une note musicale déterminée, l'accord parfait majeur, par exemple.

C. Modification de l'oreille. — Si l'on bouche complètement le conduit auditif, on entend la circulation artérielle et ce bruit devient plus gênant que les bruits extérieurs; de plus, beaucoup de sons restent transmis par les os du crâne.

Donc cette sorte d'isolement est fatigante et incomplète.

Je me sers d'une autre méthode qui m'a donné de bons résultats et qui est fondée sur un principe tout à fait différent.

Supposons un bruit continu : machine à coudre, à écrire ou moteur se produisant dans une pièce voisine et impossible à isoler ou à modifier.

Ce bruit devient gênant quand on l'écoute; une fois cette habitude prise, il est impossible de s'en défaire, on dirait que l'oreille est accordée avec cette vibration étrangère.

C'est ce qui se produit pour les sujets qui ont des bourdonnements : ils écoutent leurs bourdonnements et n'écoutent plus les conversations.

Nous nous trouvons alors en présence d'un cas pathologique. Or, de même qu'on peut souvent faire disparaître certains bourdonnements en soumettant l'oreille à des vibrations spéciales, on arrive à supprimer l'action de la vibration étrangère en produisant dans la pièce où se trouve l'oreille une vibration nouvelle, d'intensité un peu supérieure, mais de timbre différent. Pour obtenir ce résultat, il suffit de mettre en marche un petit moteur électrique dont on modifie la hauteur de la note avec un rhéostat, et le timbre en le plaçant sur des boîtes en bois ou en métal. Très vite on obtient un son agréable à l'oreille, et le son gênant n'est plus entendu.

Conclusions. — 1° L'oreille est sensible aux sons aigus et aux sons faux; elle l'est beaucoup moins aux sons graves.

2° Les vibrations sont aussi gênantes pour le système nerveux que les microbes pour la santé générale.

3° Pour protéger l'oreille il faut, ou arrêter les vibrations transmises par l'air et par le sol, ou modifier la source sonore, ce qui, dans les villes, serait facile à obtenir, ou modifier le récepteur oreille, en l'empêchant d'écouter les vibrations désagréables.

ZOOLOGIE. — *Sur la reproduction en aquarium d'un Poisson du Brésil l'*Acara tetramerus *Heckel*. Note [1] de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'élevage des Poissons d'ornement exotiques, conservés en aquarium, très en honneur à l'étranger et qui commence à compter maintenant en France un certain nombre d'adeptes, permet souvent des constatations intéressantes sur la biologie et la reproduction de bon nombre d'espèces tropicales, aux mœurs curieuses ou peu connues [2].

Une des familles les plus intéressantes à tous égards est celle des Cichlidés, Poissons percoïdes répandus dans les eaux douces de l'Amérique centrale et méridionale, de l'Afrique et de l'Inde. Les observations consignées ici, faites à la Ménagerie des Reptiles du Muséum, concernent une espèce de ce groupe, d'origine brésilienne, l'*Acara tetramerus* Heckel.

Cinq spécimens d'une longueur de 12^{cm} environ furent acquis le 9 juin 1920; il s'agissait d'adultes importés d'Allemagne avant la guerre et par conséquent âgés de plus de 6 ans. Ces Poissons furent placés dans un bac de 95^{cm} de long, sur 45^{cm} de

(1) Séance du 14 novembre 1921.

(2) Cf. J. Pellegrin, *La pisciculture ornementale* (*Bull. Soc. Aquic.*, 1913, p. 113).

haut et autant de large, garni de plantes vertes et d'un fond de sable, sans chauffage spécial, ni appareil d'aération.

Vers le milieu de juillet 1920, je pus constater une première ponte; les œufs, au nombre de 150 environ et gros comme une tête d'épingle, sont collés à la glace dans un angle du bac. L'éclosion a lieu le 18 juillet. Les petits alevins entraînés par une vésicule ombilicale énorme tombent sur le fond. Le père et la mère ne quittent pas le coin de l'aquarium où s'est effectuée la ponte. Le lendemain ils cherchent les alevins dans le sable, les prennent dans leur bouche, puis les rejettent, s'efforçant de les réunir. Pendant la nuit suivante, tous les alevins ont été transportés par les parents dans une sorte de nid en forme d'entonnoir, d'une dizaine de centimètres de diamètre et creusé par eux dans le sable. Le couple reste au-dessus des jeunes ou dans leur voisinage, le mâle tenant en respect les trois autres Poissons de l'aquarium qui font mine de s'approcher, ce que voyant on retire ces derniers. A deux reprises, pendant la nuit, le 22 et le 23 juillet, les Acaras déplacent leur nichée, édifiant leur nid dans une partie plus reculée de l'aquarium et éloignée du public. Malheureusement, dans la nuit du 5 au 6 août, soit une vingtaine de jours après l'éclosion, presque tous les petits disparaissent, vraisemblablement dévorés par leurs parents qui ont cessé, pourrait-on dire, de les reconnaître quand, quittant le fond, ils se sont mis à nager librement dans l'eau.

En 1921, l'été particulièrement chaud est tout à fait favorable à la reproduction des Poissons exotiques. Aussi, dès le 1er juillet, voit-on le même couple que l'année dernière nettoyer le fond de l'aquarium et repousser tous les détritus dans un des coins. La ponte a lieu le 2 juillet, cette fois directement dans un nid, creusé encore dans un angle, face au public. Les œufs sont au nombre de 300 environ. Le mâle et la femelle se tiennent au-dessus, agitant sans cesse leurs nageoires pectorales pour établir un courant d'eau. L'éclosion se produit le 6 juillet. Les parents surveillent toujours le nid. Le développement des alevins, favorisé par la température très élevée, est fort rapide. Le 8, le nid est déplacé avec tout son contenu et caché derrière une touffe de plantes. Si quelques alevins s'écartent, les parents les prennent dans leur gueule et les ramènent au nid. Le 9, comme un certain nombre de petits cherchent à s'élever au-dessus du fond, on retire les parents qu'on place dans un autre aquarium. Les jeunes poursuivent leur développement normalement et le 13, ayant résorbé leur vésicule, ils nagent en bande dans l'aquarium. Au bout d'une semaine, ils se séparent, se dispersant à la poursuite de petites proies (Daphnies, etc.). Dès le 25, on constate parmi eux des différences de taille sensibles, certains mesurant 7^{mm}, d'autres 10^{mm}. A la fin du mois, quelques-uns sont déjà deux fois plus longs que leurs congénères.

Quant aux parents, séparés de leur première nichée, ils ont effectué dès la fin de juillet une seconde ponte dans un entonnoir placé à l'angle le plus reculé de leur nouveau domaine. Les alevins sont au nombre de 200 environ et le comportement du mâle et de la femelle à leur égard est toujours semblable.

Les Poissons de la première ponte sont encore, au début de septembre, au nombre de 50 environ. On constate des différences de plus en plus grandes dans l'accroissement de ces alevins, placés cependant dans des conditions de milieu identiques; tandis que certains mesurent déjà 35^{mm}, d'autres n'ont seulement qu'une longueur de 10^{mm}. Au début d'octobre, la taille de ces alevins de 3 mois, réduits à une vingtaine, est comprise entre 12^{mm} à 45^{mm}. Actuellement, en novembre, par suite de l'abaissement de la

température, l'accroissement s'est ralenti et les sujets, toujours vivaces, n'ont progressé que de quelques millimètres.

Ces observations permettent de formuler les conclusions suivantes :

L'*Acara tetramerus* Heckel rentre dans la catégorie relativement nombreuse des Cichlidés nidificateurs. Le nid, assez grossier, est constitué par un trou en forme d'entonnoir ou de cuvette, creusé dans le sable ou le gravier du fond. Le nombre des œufs d'une ponte peut être compris entre 150 et 300.

L'éclosion demande quatre jours environ en période favorable.

Le père et la mère veillent avec sollicitude sur les alevins jusqu'à la résorption de la vésicule ombilicale, les prenant au besoin dans leur gueule pour les déplacer, mais ne les y gardant pas d'une façon permanente, comme le font les Cichlidés incubateurs, les Tilapies par exemple.

Les soins paraissent cesser dès que les jeunes ayant perdu leur vésicule s'élèvent au-dessus du fond et nagent librement au milieu de l'eau; alors les parents peuvent pratiquer le cannibalisme, si fréquent chez les Poissons carnassiers et qu'on observe aussi chez les Cyprinodontidés vivipares d'aquarium, ce qui oblige dès la mise bas de séparer la mère des petits, ou nécessite l'établissement de dispositifs spéciaux pour les protéger.

Chez l'*Acara tetramerus* Heckel, ainsi que je l'ai déjà signalé, en 1904, pour certains Cichlidés pratiquant l'incubation bucco-branchiale [1], une seconde ponte peut avoir lieu à bref délai après la première.

Enfin l'accroissement des jeunes est remarquable par son inégalité, certains sujets beaucoup plus voraces pouvant arriver, au bout de trois mois, à mesurer environ le quadruple de leurs congénères.

ZOOLOGIE. — *L'origine du sac perlier et le mode de formation des perles fines.* Note [2] de M. **Louis Boutan**, présentée par M. Joubin.

Quelle est l'origine du sac perlier que l'on trouve isolé dans les tissus des Mollusques producteurs de perles fines?

M. Mikimoto est parvenu, après de longues années de recherches au Japon, à produire des perles complètes de culture à l'aide de la *Meleagrina Martensi* Dunker. Ces perles offrent tous les caractères extérieurs des perles

---

[1] J. Pellegrin, *L'incubation buccale chez le* Tilapia galilæa *Artedi* (*C. R. 6e Congrès Zool. Berne*) 1904, p. 330.

[2] Séance du 7 novembre 1921.

fines naturelles du Japon ([1]). Lyster Jameson ([2]) indique que les Japonais obtiennent ces perles complètes par une opération de greffe animale : ils constituent le sac perlier qui, en six ou sept ans, donne la perle complète de culture, en entourant un petit noyau de nacre à l'aide d'un lambeau d'épithélium palléal externe d'une Méléagrine sacrifiée. Ils introduisent ensuite le noyau ainsi enrobé dans les tissus sous-épithéliaux de la Méléagrine porte-greffe.

J'avais montré antérieurement ([3]) que le sac perlier se formait de la façon suivante, dans les Moules perlières :

Un parasite, placé entre le manteau et la coquille de la Moule, devient le noyau de la perle parce que l'épithélium palléal externe au contact du parasite forme un capuchon épithélial qui l'englobe. Le capuchon s'allonge sous forme de bourse. La bourse se pédicularise. Le pédicule se rompt et la bourse isolée au milieu des tissus devient le sac perlier où se forme la perle ronde de la Moule.

D'autre part, j'avais montré par des expériences consignées dans une Note présentée à l'Académie ([4]), que des aiguilles de nacre introduites dans les tissus sous-épithéliaux d'un Mollusque (*l'Haliotis*) restaient sans changements dans les tissus, alors que placés entre le manteau et la coquille, elles se revêtaient d'une nouvelle couche de nacre.

Malgré ces faits clairement établis par mes recherches, on a continué à prétendre que le sac perlier, isolé au milieu des tissus des Huîtres perlières se constituait sur place, sans intervention de l'épithélium externe du manteau qui n'aurait été bon qu'à sécréter de la nacre.

Je tiens à faire remarquer que la réussite du procédé japonais apporte une preuve nouvelle de l'origine du sac perlier aux dépens de l'épithélium palléal externe.

A moins d'admettre que la nature procède, pour former ses perles naturelles, de la même façon que les Japonais, ce qui est une hypothèse inadmissible, on ne peut expliquer la présence d'un sac perlier au milieu des tissus du

---

([1]) Dans un travail en cours de publication dans le *Bulletin de la Société scientifique d'Arcachon*, je montre que ces perles complètes de culture sont de véritables perles fines par l'origine et par la structure.

([2]) Lyster Jameson, *The Japanese artificially induced pearl* (*Nature*, mai et juin 1921).

([3]) Louis Boutan, *L'origine réelle des perles fines* (*Comptes rendus*, t. **137**, 1903, p. 1073).

([4]) Louis Boutan, *Production artificielle des perles chez les Haliotis* (*Comptes rendus*, t. **127**, 1898, p. 828).

Mollusque que par la formation d'une invagination de l'épithélium du manteau aboutissant à un sac isolé, comme cela est démontré pour la Moule. Aucune autre interprétation ne me paraît possible.

Ainsi, il me paraît hors de doute que *chez tous les Mollusques producteurs de perles fines, la nacre et la perle fine ont une origine commune, l'épithélium externe du manteau.* Chaque fois que l'on trouve dans un Mollusque un objet ayant la composition qualitative de la nacre, on peut affirmer, quelle que soit sa position, qu'il a été sécrété par l'épithélium externe du manteau.

Les différences entre les perles fines et les nacres ne tiennent donc pas à leur différence d'origine. Elles sont dues, en partie, à la disposition des couches (circulaires dans la perle, planes dans la nacre) et surtout à une différence de l'état de l'épithélium : état normal dans le cas de la nacre, état pathologique dans le cas de la perle où le sac clos que représente le sac perlier est distendu par la réaction même de sa paroi.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Constitution de l'œuf de* Sabellaria alveolata *L.* Note de M. E. Fauré-Fremiet, présentée par M. Henneguy.

L'œuf de *Sabellaria alveolata* L. se présente quelques minutes après la ponte (¹) comme une cellule sphérique mesurant 62^{μ} de diamètre, entouré à faible distance par un chorion mince et souple.

En dehors des éléments nucléaires, le cytoplasma de cet œuf est constitué par une substance fondamentale homogène, légèrement alcaline, contenant en suspension deux sortes de granules : les uns, légers et réfringents, de nature lipoïde; les autres lourds et moins réfringents, légèrement acides, constitués par une « vitelline ».

La séparation mécanique de ces granules est possible si l'on centrifuge une émulsion d'œufs cytolysés par une solution hypotonique de KCl et finement broyés avec celle-ci.

L'étude cytologique montre : 1° que la substance fondamentale du cytoplasma contient en solution une faible quantité de glycogène; 2° qu'elle se comporte à l'ultra-microscope comme un gel amicronique; 3° qu'elle renferme à la fois des substances albuminoïdes et des substances lipoïdes en liaison intime les unes avec les autres.

(¹) Au moment où cet œuf est expulsé dans l'eau, sa forme est irrégulièrement polyédrique et le chorion est encore étroitement accolé à sa surface.

La composition centésimale [1] peut s'exprimer par les chiffres suivants :

Eau	70,00
Substances protéiques	19,08
Substances grasses et lipoïdes	6,80
Glycogène	1,27
Cendres	1,53
Total	98,68

Substances protéiques. — La quantité de substances protéiques de l'œuf de *Sabellaria* a été déterminée en multipliant par le coefficient 6,25 le chiffre de l'azote total; celui-ci varie très peu autour de 10,17 pour 100 de poids sec.

L'examen cytologique de l'œuf montre qu'une très forte proportion de ces substances protéiques doit exister à l'état de réserve sous la forme des globules de « vitelline ».

La séparation des globules de vitelline par centrifugation ne m'a pas permis leur étude quantitative. Au point de vue qualitatif, on constate qu'ils sont constitués par deux substances azotées bien distinctes : l'une légèrement acide, soluble dans l'eau faiblement alcalinisée, et précipitable par neutralisation ou acidification très légère; l'autre neutre, insoluble même en milieu fortement alcalin, et résistante à l'égard des acides. La première est probablement une nucléo ou para-nucléoprotéide, et contient 0,51 pour 100 de phosphore, tandis que la seconde n'en renferme que des traces. Ces globules se rapprochent donc étroitement par leur composition des « tablettes vitellines » de l'œuf de Grenouille [2].

Substances lipoïdes. — L'extrait lipoïdique total obtenu après saponification des œufs de *Sabellaria* (méthode de Kumagawa) constitue 20,46 pour 100 du poids sec de ces œufs [3].

Cet extrait total se décompose ainsi :

Acides gras	16,49
Cholestérine	1,81
Insaponifiable X	2,16

L'épuisement à chaud par l'alcool d'une poudre d'œufs broyés avec du

(1) Malgré l'abondance des *Sabellaria*, la récolte des œufs comporte quelques difficultés techniques et je n'ai pu utiliser pour les recherches chimiques que 40g,857 d'œufs (poids humide); presque tous les dosages, cependant, ont pu être répétés.

(2) Fauré-Fremiet et du Vivier de Streel, *Composition chimique de l'œuf et du têtard de* Rana temporaria (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 613).

(3) Chiffre moyen de deux déterminations qui ont donné respectivement : Extrait total 20,586 et 20,336 pour 100; Acides gras 16,65 et 16,34 pour 100, etc., chiffres qui ne présentent entre eux qu'un très minime écart.

sulfate de soude anhydre donne un extrait huileux; cette huile, bien desséchée et reprise par l'éther anhydre, donne un extrait A soluble dans l'éther, et un abondant précipité B insoluble et renfermant, outre les matières extractives, un peu de SO^4Na^2 entraîné par l'alcool.

A. L'extrait éthéré, d'aspect huileux, constitue 14,5 pour 100 environ du poids sec total; il renferme 0,58 pour 100 de phosphore, chiffre qui, multiplié par le coefficient 25,75, indique environ 15 pour 100 de lécithine. Si, d'autre part, on précipite l'extrait éthéré par un grand excès d'acétone, on sépare une partie insoluble constituant 20 pour 100 environ de l'extrait; on peut donc admettre que celui-ci renferme 15 à 20 pour 100 de phosphatides, le reste étant probablement constitué par des graisses neutres.

B. Le précipité insoluble dans l'éther anhydre, desséché et repris par l'eau distillée, donne une solution opalescente qui se trouble par acidification et cède à l'éther une certaine quantité d'acides gras, non négligeable puisqu'elle constitue 4,1 pour 100 du poids sec total. Si l'on ajoute ce chiffre à celui de l'extrait éthéré, soit 14,5 pour 100, on obtient 18,6, chiffre qui se rapproche de celui des lipoïdes totaux extraits après saponification.

Les acides gras ainsi récupérés par acidification de l'extrait insoluble dans l'éther appartiennent sans doute à des savons entraînés à chaud par l'alcool; l'existence de ces savons ([1]) expliquerait aussitôt les propriétés du cytoplasma de l'œuf constitué par un gel alcalin renfermant à la fois des substances protéiques et des substances lipoïdes.

Les substances grasses de l'œuf de *Sabellaria* existeraient donc, en résumé, sous trois formes principales : graisses neutres, savons et phosphatides.

La chaleur de combustion de l'œuf du *Sabellaria* a été déterminée à la bombe calorimétrique; elle est égale à 5280 petites calories environ pour 1^g de substances sèches.

En additionnant les chaleurs de combustion des substances protéiques, des matières grasses et du glycogène calculées d'après la proportion centésimale de ces substances et leurs coefficients propres, on trouve un chiffre supérieur, soit 5800 petites calories; la chaleur calculée pour les substances

---

([1]) On peut se demander si ces savons préexistent bien dans l'œuf et s'ils n'ont pas été formés au cours des opérations; cette dernière supposition est peu vraisemblable, les œufs ayant été desséchés très rapidement par broyage avec SO^4Na^2 anhydre et parfaitement neutre; d'autre part, le même traitement, appliqué à des tissus de Mammifères ou à des œufs de Grenouille, par exemple, a toujours donné un extrait éthéré sensiblement égal à celui obtenu après saponification totale.

protéiques est probablement trop forte dans ce cas, les réserves azotées de l'œuf de *Sabellaria* renfermant à côté des nucléoalbumines des substances azotées autres que des protéines proprement dites.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Les réactions phototropiques de quelques animaux marins.* Note de Mlle **M. Goldsmith**, présentée par M. Henneguy.

La compréhension du phénomène des tropismes, resté énigmatique malgré les explications jusqu'ici proposées, serait plus facile si le terrain était déblayé d'abord par la solution de quelques questions particulières. Parmi ces questions, une des plus controversée est celle-ci : les mouvements tropiques d'un animal ont-ils pour effet de le placer, par rapport à l'excitant, de façon que l'excitation s'exerce avec une intensité égale sur les points symétriques de son corps (théorie de Lœb), ou bien l'amènent-ils seulement dans une région où il éprouve l'action de l'excitant plus ou moins fortement (selon que le tropisme est positif ou négatif)? Dans le cas du phototropisme, par exemple, l'animal se place-t-il dans la *direction* des rayons lumineux ou réagit-il aux différents *degrés* d'éclairement? Les réponses fournies par les expérimentateurs sont contradictoires.

Une des méthodes employées consiste à mettre en conflit les deux facteurs supposés actifs, c'est-à-dire à placer l'animal dans des conditions telles que, en se dirigeant vers la source de lumière suivant la direction de ses rayons, il arrive à se trouver dans une région d'éclairement moindre, et réciproquement. Lœb s'est servi de ce procédé dans le premier travail où il a formulé sa théorie (sur *Porthesia chrysorrhœa*, 1890) et depuis de nombreux auteurs y ont eu recours. Dans les expériences qui sont exposées ici, elle a été appliquée, avec de légères modifications à plusieurs espèces d'animaux marins à phototropisme positif très net, *Convoluta roscoffensis*, *Mysis chamælœon*, Copépodes du plankton roscovite, surtout *Centropages hamatus* et *Acartia Clausi*, Nauplius de *Balanes*, Zoé de *Maia squinado*. Tous ces animaux offrent l'avantage de se présenter en masses : les observations sont ainsi plus concluantes, car les variations individuelles dans ces réactions sont fréquentes et les mouvements tropiques ne sont très souvent que des mouvements de majorités.

Dispositifs employés. — I. Un tube de verre, de 50^{cm} de longueur et de 5^{cm} de diamètre environ, fermé à une extrémité, est recouvert sur une moitié de sa longueur d'un vernis noir, à l'exception d'une fente laissée à l'extrémité fermée (dispositif légèrement

modifié de Lœb); l'extrémité opposée est bouchée. Le tube est placé horizontalement, la fente tournée vers la fenêtre, en plein soleil. Placés dans ce tube, les animaux se rendent soit dans la partie noire, en se dirigeant vers la fente lumineuse, s'ils s'orientent le long des rayons lumineux, soit dans la partie laissée transparente, s'ils recherchent un éclairement plus intense. Voici les résultats observés.

Convoluta : Avant l'expérience, le tube ayant été placé sa partie transparente vers la lumière, les animaux s'y étaient massés; le tube retourné, ils commencent par esquisser un mouvement en sens inverse, mais arrivés à la région noire s'arrêtent, rebroussent chemin et s'accumulent à quelque distance. Même effet à la lumière diffuse. — *Copépodes du plankton et Nauplius :* Même comportement, avec cette différence qu'à la lumière diffuse la localisation est uniforme dans toute la partie claire.

II. Un aquarium rectangulaire assez grand (36^{cm} de long sur 11^{cm} de largeur et 25^{cm} de hauteur) est entouré de papier noir sur une moitié, à l'exception d'une fenêtre (de 2^{cm^2} environ) à une extrémité; l'autre moitié est complètement entourée de papier blanc (pour diminuer les inégalités possibles d'éclairement dues aux objets environnants et mieux assurer la lumière diffuse). L'aquarium est placé comme le tube dans l'expérience précédente. L'alternative pour les animaux est la même.

Convoluta : Les Convoluta se massent toutes dans la région claire; elles y présentent une disposition particulière qui est à signaler parce qu'elle tient nettement aux intensités d'éclairement. Elles se localisent de préférence contre les parois; or, si l'on double une des parois latérales d'une seconde fenêtre de papier blanc, de façon à diminuer l'éclairement de ce côté, on les voit immédiatement refluer vers la paroi opposée. — *Mysis :* Même comportement, mais sans localisation aux parois. — *Zoé :* Même comportement. Ici, une légère modification est introduite dans l'expérience : l'aquarium est entièrement recouvert de papier noir, sauf la petite fenêtre dirigée vers la source lumineuse, et la paroi qui lui est opposée et qui est tapissée de papier blanc. Les Zoé se massent dans le voisinage de cette paroi, la plus éloignée de la source.

III. Le même aquarium est entièrement enveloppé de papier noir, avec, à ses deux extrémités, deux petites fenêtres; deux lampes électriques sont placées en face de ces fenêtres, avec des lentilles interposées : d'un côté une convergente (30^{cm} de foyer), de l'autre, une convergente (25^{cm} de foyer) en vue de fournir des rayons de directions différentes.

Les animaux placés dans l'aquarium ne se montrent pas influencés par la direction des rayons : les *Convoluta* se distribuent également, les Copépodes planktoniques s'accumulent dans la région moyenne.

IV. Dispositif inspiré de celui de Strasburger (1878), d'Oltmanns (1892) et de Davenport et Cannon (1897) : un aquarium non transparent, muni d'un couvercle présentant différents degrés de transparence, est placé de façon que sa région la plus opaque soit la plus rapprochée de la source lumineuse. Ici la gradation était obtenue au moyen d'un verre fumé régulièrement dégradé; la lumière était, soit la lumière solaire directe, soit la lumière électrique. Le vase était une boîte en verre, recouverte de vernis noir à l'exception du couvercle, de 7^{cm} de longueur sur 4^{cm} de largeur et $1^{cm},5$ de hauteur; les autres conditions se rapprochaient de celles de l'expérience de Davenport et Cannon (distance entre le vase et la lampe électrique, 28^{cm}; hauteur de la lampe au-dessus de la table, 45^{cm}).

Les *Convoluta*, les *Mysis*, les Zoé de *Maia* se groupaient en très grande majorité

(il faut noter que l'éclairement était assez faible) dans la partie la plus transparente du vase, qui est en même temps la plus éloignée de la source. Pour les Copépodes planktoniques, il en est de même à la lumière solaire; à la lumière électrique, la région optima se trouve à mi-chemin entre les deux extrémités du vase.

Conclusion. — Les réactions à la lumière des animaux observés ne consistent pas en une orientation dans la direction des rayons lumineux aboutissant à une action symétrique de la lumière, mais en mouvements d'allures et de directions variées (zigzags, détours) qui les amènent dans la région la plus éclairée. Là, ils se placent dans toutes les positions possibles, sans aucune relation avec l'angle que peut former l'axe de leur corps avec la direction des rayons lumineux.

BIOLOGIE. — *La biologie du thon blanc ou germon.* Note de M. **Ed. Le Danois**, présentée par M. Joubin.

Dans une Note récente nous avons fourni quelques précisions sur le régime des eaux atlantiques au large des côtes de France en été. Une application directe de nos observations explique l'influence du régime de ces eaux sur la biologie du thon blanc.

En été, les thons qui sont pris au large de nos côtes sont vides de produits sexuels; par conséquent, la pêche du germon se fait pendant la migration de dispersion, ayant pour but la recherche de la nourriture.

Le germon vit en surface, mais, pour un nageur aussi robuste, les eaux superficielles comprennent en réalité une nappe de 50^m d'épaisseur.

Les conditions thermométriques des eaux atlantiques à cette profondeur fournissent l'explication principale de ses mouvements. Nous avons arbitrairement séparé en eaux chaudes et en eaux froides les nappes atlantiques par la température de 14°. Nous avons choisi cette limite parce qu'elle concorde avec l'absence ou la présence du germon.

Donc le germon fréquente en été, à l'ouest des côtes de France, les couches d'eau superficielles quand leur température, à 50^m *de profondeur, est supérieure à* 14°.

Quelle est la raison de la prédilection du thon pour ces eaux supérieures à 14°, à 50^m?

D'abord le germon est un animal des eaux chaudes, nettement sténotherme, mais de plus il vient, vers le nord, pour manger, et une cause importante de ses mouvements se trouve dans la nature des organismes nutritifs qui se trouvent à 50^m.

Les thons que nous pêchions avaient leurs estomacs littéralement bourrés de crustacés appartenant au genre *Euthemisto*, que les thonniers désignent du nom impropre de *crevettes rouges;* à l'aide d'un filet spécial nous avons recueilli le plankton à 50^{m} de profondeur et avons trouvé ces crustacés en abondance, alors qu'ils manquaient en surface.

La température de l'eau à cette profondeur était supérieure à 14°.

A quelques milles de distance les thons disparaissaient. Le filet ne ramenait plus de crevettes et le thermomètre indiquait des températures inférieures à 14°. Donc nous pouvons, en corollaire de la première loi, énoncer une autre proposition qui en est, non pas une conséquence, mais une des causes :

Nous n'avons pas rencontré les crustacés connus sous le nom de crevettes rouges *et appartenant au genre* Euthemisto *dans les eaux dont la température, à* 50^{m}, *est inférieure à* 14° [1].

Toutefois cette deuxième remarque à elle seule ne suffit pas pour expliquer la première, car il y a des endroits où le thon absorbe d'autres proies que les crevettes rouges. Parmi ces proies, nous signalerons particulièrement de petits poissons tels que : de jeunes anchois (*Engraulis encrassicholus*), de jeunes chichards (*Trachurus trachurus*), de jeunes « balaous » (*Scombresox saurus*), de jeunes argentines (*Argentina* Sp.), et même de jeunes poissons des grands fonds à organes lumineux, appartenant au genre *Mictophum.* Dans beaucoup de cas, l'estomac des thons contient à la fois et des crevettes rouges et ces jeunes poissons.

Il résulte des faits ci-dessus que la zone de pêche du thon peut être limitée à l'extérieur de l'isotherme 14°, à 50^{m}, et comprend la partie centrale du golfe de Gascogne, et les nappes chaudes qui bordent les eaux froides du plateau, à savoir :

1° La nappe chaude à 15° par 50° N. au sud-ouest de l'Irlande;

2° La nappe chaude de la Petite Sole;

---

[1] Cette remarque est d'autant plus curieuse qu'elle va à l'encontre de ce que nous savons actuellement de la biologie de ce crustacé. Mon collègue, M. Fage, a bien voulu se charger de déterminer les crustacés que j'avais rapportés : ils appartiennent à l'espèce *Euthemisto bispinosa* Boeck. Or cette espèce est signalée comme arctique et fréquente le Groënland, le Spitzberg, les Hébrides, les côtes du Labrador et de Nouvelle Écosse.

Quelques exemplaires ont toutefois été signalés dans la mer des Sargasses : il est donc étrange que nous ayons trouvé continuellement cette espèce arctique dans les eaux à température relativement élevée.

3° La nappe chaude placée entre les eaux du banc Parsons et celles de la vasière;

4° Enfin la région chaude du fond du golfe au nord de la côte d'Espagne, à l'est du cap Pinâs.

Toutes ces régions sont connues des pêcheurs de thons par la pratique; les principes que nous venons d'exposer sont une confirmation raisonnée de leur expérience empirique.

Au point de vue de la nouriture, la zone des crevettes rouges comprend les nappes chaudes, depuis l'Irlande jusqu'au seuil formé par les eaux froides du banc Parsons et de la côte nord d'Espagne.

Les thons pris à l'est du cap Ortegal s'étaient nourris de jeunes anchois dans les eaux chaudes du fond du golfe.

En conclusion, nous considérons que les principes que nous avons énoncés ci-dessus régissent la biologie du thon et de sa nourriture principale. Nous considérons que, seules, des variations dans la position des nappes chaudes à 50^m peuvent modifier les migrations du germon; et enfin, nous ne croyons pas que les mouvements du thon dans toute cette zone chaude représente un itinéraire déterminé; ces poissons étendent leurs pérégrinations suivant l'abondance de leur nourriture préférée et reviennent sans doute graduellement vers le Sud en surface, quand l'approche de l'hiver modifie les conditions thermométriques des eaux superficielles. Il semble peu probable que, pour son retour dans les eaux chaudes sub-tropicales, le thon emprunte les eaux de profondeur d'une température inférieure à 12° qu'il a soigneusement évitées pendant toute sa migration de dispersion.

MÉDECINE. — *Transmission du clou de Biskra par le phlébotome* (Phlebotomus papatasi *Scop.*). Note de MM. **Ed.** et **Ét. Sergent**, **L. Parrot**, **A. Donatien** et **M. Béguet**, présentée par M. Roux.

Guidés par des observations épidémiologiques, nous avons émis en 1904 [1] l'hypothèse que le clou de Biskra (bouton d'Orient) était transmis

(1) Ed. et Et. Sergent, *C. R. Soc. Biol.*, t. 57, 8 avril 1905, p. 673. — Ed. Sergent, *Bulletin de l'Institut Pasteur*, t. 3, 1905, p. 626. — Ed. et Et. Sergent, *Bull. Soc. Path. exot.*, t. 2, 21 juillet 1909, p. 390. — Ed. Sergent, *Détermination des Insectes piqueurs et suceurs de sang*, p. 37 (O. Doin, 1919). — Ed. et Et. Sergent, G. Lemaire, G. Senevet, *Bull. Soc. Path. exot.*, t. 7, 8 juillet 1914, p. 577-579. — Ed. Sergent, Et. Sergent, G. Lemaire et G. Senevet, *Annales de l'Institut Pasteur*, t. 29, juillet 1915, p. 309-322. — L. Parrot, *Bull. Soc. Path. exot.*, t. 12, 12 novembre 1919, p. 607-611.

par des phlébotomes. Wenyon en 1911 (1) et Patton en 1919 (2) admettent, au moins *pro parte*, cette hypothèse; ils incriminent en même temps d'autres insectes. Mais la preuve expérimentale manquait jusqu'ici.

C'est pour cette raison que, durant l'été 1921, nous avons institué l'expérience suivante : l'un de nous capture des phlébotomes à Biskra, foyer de leishmaniose cutanée. Il les envoie vivants à Alger, ville indemne à 600^{km} de distance. Avec ces phlébotomes on essaie de conférer le clou de Biskra à des sujets sains. On y a réussi : sur un point de la peau inoculé est apparu, après une incubation de 3 mois environ, un clou de Biskra typique, avec des *Leishmania tropica*.

Nous sommes partis de ce principe : le phlébotome étant en quantité innombrable dans les pays à bouton d'Orient, une très faible proportion parmi eux doit être infectante. Il faut donc expérimenter sur un grand nombre.

Du 15 juillet au 18 septembre 1921, 2771 phlébotomes sont capturés à Biskra, à El-Outaya, à El-Kantara, régions où le clou est endémique. Quelques centaines sont réservées pour des recherches microscopiques et des inoculations aux animaux (singe et souris). On en expédie 2346 à Alger :

Phl. papatasi	2282
» *perniciosus*	8
» *minutus* var. *africanus*	56

Sur les 2346 phlébotomes envoyés à Alger, 1787 sont morts pendant le transport, qui dure 3 ou 4 jours. Les 559 survivants, répartis en 23 lots, ont servi à des expériences. Ils se refusent à piquer. Ils sont tués par simple pression du doigt, écrasés dans un peu d'eau physiologique et déposés sur des scarifications pratiquées sur l'avant-bras gauche de quatre sujets indemnes.

Dans l'expérience D., le produit de broyage du lot D_1, comprenant 7 *Phl. papatasi*, seuls survivants de 94 phlébotomes capturés les 16-17 août 1921 à l'hôpital militaire de Biskra, est inoculé au volontaire D. par scarifications cutanées, au tiers supérieur de l'avant-bras gauche (bord antéro-externe), à 3^{cm} au-dessous du pli de flexion du coude, le 20 août, soit 3-4 jours après la capture. Le liquide de broyage, examiné au microscope, ne montre ni flagellés ni aucune autre forme parasitaire.

Les scarifications se cicatrisent sans laisser aucune trace.

---

(1) G.-M. Wenyon, *Parasitology*, t. 4, 24 octobre 1911, p. 273; *Journ. of London Sch. of trop. Med.*, t. 1, Parties 2 et 3.

(2) W.-S. Patton, *Bull. Soc. Path. exot.*, t. 12, 8 octobre 1919, p. 500-504.

Le 13 novembre 1921, 2 *mois et 24 jours* (¹) après l'inoculation, D. constate, au point scarifié, la présence d'une papule centrée d'une petite croûte. L'examen microscopique du produit de grattage de l'ulcération sous-jacente à la croutelle, pratiqué le 14 novembre au matin, y décèle des *Leishmania* nombreuses, soit libres, soit englobées par des macrophages. Leur longueur varie de 3^{μ} à $4^{\mu},5$ et leur largeur de 2^{μ} à 3^{μ}. On observe quelques formes de division.

L'aspect clinique de la lésion est le suivant le 14 novembre : papule rougeâtre, ronde, de 4^{mm} de diamètre, entourée d'une collerette épidermique rappelant la collerette de Biett des papules syphilitiques. Au centre, fine croûtelle adhérente, de 2^{mm} de diamètre. Au-dessous de la croûte, ulcération ponctiforme. En dehors de la papule, zone d'hyperhémie de 1^{cm} de diamètre. Légère infiltration du derme sous-jacent. Le bouton n'est ni douloureux ni prurigineux. On ne constate pas de réaction ganglionnaire épitrochléenne ou axillaire. Aucun trouble de l'état général.

Les *Leishmania* inoculées dans cette expérience viennent donc du phlébotome. Sont-elles un hôte normal de son intestin, ou bien les a-t-il puisées dans un réservoir de virus extérieur? Par quel processus les transmet-il à l'homme dans la maladie spontanée? Telles sont les questions qui restent ouvertes.

En résumé, des phlébotomes, de l'espèce *P. papatasi*, originaires de contrées ou le bouton d'Orient sévit à l'état endémique, ont un virus qui donne à l'homme une leishmaniose cutanée semblable, du point de vue clinique et parasitologique, au bouton d'Orient.

Il faut donc considérer le phlébotome comme un vecteur naturel du virus du bouton d'Orient.

A 16 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

(¹) Cette durée de l'incubation correspond à ce que l'on sait de l'incubation du clou de Biskra spontané.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 NOVEMBRE 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 25 novembre 1921, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Marcel Brillouin** pour occuper, dans la Section de Physique, la place vacante par le décès de M. *G. Lippmann*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Marcel Brillouin** prend place parmi ses confrères.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations sur la « nappe de Suzette », nappe de recouvrement formée de terrains triasiques, issue des Alpes et ayant couvert, à l'époque aquitanienne, une partie de la région du Rhône.* Note de MM. **Pierre Termier** et **Léonce Joleaud**.

Nous avons dit il y a quelques mois, ici même (¹) : que le complexe géologique appelé par M. Léenhardt (²) *formation de Suzette* (du nom du petit village de Suzette, près de Malaucène, département de Vaucluse) est constitué par du Trias, le plus souvent à l'état de cargneules, fréquemment mylonitique; que ce Trias, où nous avons trouvé, près de Mérindol, *Lingula*

(¹) Pierre Termier et Léonce Joleaud, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 191-195 et 409-414.

(²) F. Léenhardt, *Étude géologique de la région du mont Ventoux*. Montpellier, 1882.

Zenkeri von Alberti, se présente, dans le massif de Gigondas et entre Mérindol et Propiac, sous la forme de lambeaux de recouvrement, reposant indifféremment et souvent en complète discordance sur le Jurassique, le Crétacé et l'Oligocène plissés; que ces lambeaux sont couverts eux-mêmes par le Burdigalien, qui est nettement postérieur à leur mise en place; qu'ainsi s'avère l'existence d'une nappe de terrains triasiques, d'origine alpine, poussée, après le Sannoisien et avant le Burdigalien, sur la région des Baronnies et sur le Comtat Venaissin; qu'il faudrait probablement rattacher à cette nappe les multiples lambeaux de la *formation de Suzette* indiqués, sur la feuille *Le Buis* de la Carte géologique, par MM. Léenhardt et Paquier; enfin, qu'il faudrait probablement attribuer à des eaux descendues de cette même nappe la genèse des gisements de zinc et de plomb relativement nombreux dans le Jurassique du Diois, de la Buëchaine et des Baronnies, chacun de ces gisements étant ainsi un témoin du passage de la nappe. Il restait à établir rigoureusement ces deux dernières conclusions, à préciser davantage l'époque du cheminement de la nappe, enfin à trouver son origine, ou sa racine. C'est de quoi nous nous sommes occupés au mois de septembre dernier.

Nous avons, pour cela, visité les lambeaux de la *formation de Suzette* épars dans la Buëchaine, près de Lazer et de Montrond, et ceux de Montaulieu et de Condorcet, près de Nyons; vu, dans la vallée de la Sasse, les petits lambeaux de recouvrement triasiques signalés jadis par M. Haug aux environs de Nibles, et les plis du Trias à l'ouest et au nord de Clamensanne; revu et de nouveau parcouru le massif de Gigondas. Sur la constitution, l'âge précis, l'extension de la *nappe de Suzette*, nous sommes maintenant très bien renseignés; seule, la question d'origine reste encore énigmatique et nous demandera de nouvelles recherches.

Nous dirons dorénavant *nappe de Suzette*, et non plus, comme dans nos Notes précédentes, nappe des Baronnies, ou nappe de Gigondas. L'entité que nous décrivons, et qui est désormais une entité tectonique parfaitement définie, gardera ainsi le nom même sous lequel elle a été introduite dans la science, longtemps avant que fût connue sa véritable nature.

Lambeaux de Lazer et de Montrond, près Laragne. — Charles Lory [1], en 1874, a rapporté au Callovien plusieurs lambeaux d'un terrain de gypse et de cargneules qui surmontent, près de Lazer, de part et d'autre de la

(1) CH. LORY, *Note sur des gisements de gypse dans le terrain jurassique de l'arrondissement de Gap* (*Bull. Soc. géol. de Fr.*, 3e série, t. 3, 1874, p. 17-22).

Véragne, les schistes noirs calloviens, et un autre lambeau analogue, plus au Nord, près de Montrond, qui lui a paru intercalé dans les mêmes schistes. Les auteurs de la feuille *Le Buis* ont rangé tous ces lambeaux parmi les témoins de leur *formation de Suzette*.

D'Eyguians à Upaix, en passant par Lazer, sur un parcours total d'environ 8^{km}, on compte sept ou huit lambeaux du terrain de gypse et de cargneules, visibles de très loin à leur couleur jaune ou ocracée et, tous, posés sur les schistes noirs calloviens. Ce sont des loques d'un seul et même manteau déchiré, qui couvrait jadis toute la contrée et s'étendait, avec une allure discordante et transgressive, sur le Callovien plissé. L'indépendance complète des lambeaux jaunes et du terrain noir sur lequel ils reposent saute aux yeux. La surface de contact, aisément observable, est onduleuse, avec de larges ondulations. Dans le plus grand lambeau, en face du Château Bon, près de Lazer, la base du complexe Suzette est une *mylonite* à débris de calcaires gris clair et de calcaires marneux en plaquettes, les uns et les autres d'aspect triasique. Ailleurs, on voit, au milieu des cargneules, des témoins de calcaires dolomitiques en plaquettes, jaunes ou rouges, identiques à ceux du Trias de Mérindol. Au gypse s'associe, sous le point 805, non loin de Lazer, la célestine cristallisée, semblable à celle de Condorcet. Le plus souvent la stratification est très confuse. L'identité lithologique avec le Trias de Suzette, de Mérindol et de Propiac, est parfaite. Nul doute que les lambeaux en question ne soient des fragments de la nappe de Suzette, fragments entièrement formés de Trias. Le lambeau le plus épais a, au maximum, une centaine de mètres d'épaisseur.

C'est plus au Nord, à Montrond, que Ch. Lory a cru voir l'intercalation des gypses et des cargneules dans le Callovien. En réalité, le lambeau de Montrond ne diffère pas de ceux de Lazer ; comme eux, il est posé sur les schistes noirs calloviens, et cette superposition, évidente au petit col situé à l'est de la vieille tour (point 822), se poursuit au Sud-Est vers le débouché du vallon de Saint-Genis. Au nord-est du col en question, près de Clavellas, un autre témoin, très petit, de la nappe de Suzette, également posé sur les schistes noirs calloviens, est formé de calcaires triasiques cariés, avec célestine (celle-ci a été l'objet d'une tentative d'exploitation).

Ce qui est particulier, à Montrond, c'est que l'on voit, sur le versant Nord de la butte ronde qui porte la vieille tour, le terrain de gypse et de cargneules descendre, en plongeant à l'Ouest, jusqu'à la rivière (la Channe) et s'enfoncer ainsi sous les calcaires bathoniens et bajociens qui forment ladite butte. Le Bathonien-Bajocien de Montrond (calcaires marneux noirs

fissiles) qui, dans l'ensemble, plonge à l'Ouest, n'est pas un dôme brusquement surgi du pays autochtone; c'est une écaille, flottant sur le Callovien et localement séparée du Callovien par le Trias de la nappe. A l'est du col où affleurent les cargneules, dans la pente qui monte vers les escarpements du Jurassique supérieur, une autre écaille apparaît, faiblement inclinée à l'Ouest, flottant en discordance sur le Callovien et l'Oxfordien et formée de tous les termes élevés de la série jurassique (du Rauracien au Tithonique), qui y sont froissés, cassés, laminés et réduits à quelques mètres d'épaisseur. Les deux écailles, celle du Bathonien-Bajocien et celle du Jurassique supérieur, sont liées à la nappe de Suzette et s'expliquent par elle : ce sont *lambeaux de poussée* arrachés par la nappe à son substratum autochtone et entraînés, *sous elle*, par son déplacement. Un plissement secondaire de la nappe, la ployant en un synclinal déversé vers l'Est, a produit la superposition locale du Bathonien-Bajocien au Trias. Paquier ([1]) a fort bien vu la plupart de ces choses, l'anomalie des contacts, l'existence de mylonites dans le complexe gypseux et cargneulique, le laminage du Jurassique supérieur; sa carte géologique (feuille *Le Buis*) est très exacte et les écailles y sont bien dessinées; il ne lui a manqué, pour tout expliquer, que l'idée d'un vaste charriage amenant, sur le pays jurassique, le complexe de cargneules et de gypse.

Lambeaux de Montaulieu et de Condorcet, près Nyons. — Il y a ici, sur les deux rives de l'Eygues, plusieurs lambeaux du complexe Suzette, formés surtout de cargneules. Le gypse et la célestine y apparaissent sporadiquement, et seulement au nord de l'Eygues, près de Condorcet. La stratification est invisible ou incertaine; les cargneules sont souvent mylonitiques; outre les petits débris de calcaire et de dolomie qu'on y observe toujours, elles contiennent de grands blocs, des paquets d'un calcaire jaune brun un peu cristallin et d'un calcaire en plaquettes jaunes du type Mérindol.

Ces lambeaux de cargneules se disposent à peu près sur la ligne axiale d'un large anticlinal des terrains jurassiques qui amène au jour le Callovien et même, sur une faible étendue, le Bathonien. Nulle part on ne voit mieux l'indépendance absolue de la nappe de Trias et de son substratum jurassique. Le synclinal secondaire qui a permis ici la conservation partielle de la nappe coïncide presque avec l'anticlinal jurassique dû au plissement antérieur.

Sur la rive gauche de l'Eygues, les cargneules se présentent en masses

---

([1]) V. Paquier, *Recherches géologiques dans le Diois et les Baronnies orientales*. Grenoble, 1900, p. 389 et suiv.

épaisses (jusqu'à 100^{m} d'épaisseur). On les voit, près de la rivière, reposer sur le Callovien ou l'Oxfordien. Plus haut, elles s'accompagnent d'un véritable chaos de terrains divers (Jurassique supérieur et Crétacé inférieur), parfois mylonitiques. Paquier a essayé de dessiner ce chaos sur la carte géologique (feuille *Le Buis*), mais la complication défie toute analyse. En réalité, la nappe de Suzette a entraîné sous elle, ici comme à Montrond, des écailles, des *copeaux* du substratum autochtone plissé; le chaos de Montaulieu est un de ces copeaux complexes, vaste mylonite où les terrains se mélangent, reposant sur le Callovien dont l'allure est très simple. Ainsi s'explique le fait, signalé par Paquier (¹) et pour lui énigmatique, de l'accumulation fréquente des accidents tectoniques les plus capricieux au voisinage des témoins de la formation de Suzette.

Sur la rive droite de l'Eygues, la nappe n'est accompagnée d'aucune écaille accessoire. Elle flotte simplement sur le Callovien ou le Bathonien et s'y insère en un synclinal aigu. De profonds ravins montrent les cargneules, très jaunes, pincées ainsi, en un V dont on voit la pointe, dans les schistes calloviens très noirs. Les cargneules contiennent un peu de gypse et de célestine, celle-ci mélangée de barytine. Les eaux descendues au travers de la nappe ont dissous une partie du sel de strontium et l'ont transportée dans le Callovien sous-jacent; et l'on exploite, à Condorcet, deux sortes de gîtes de célestine, des gîtes *primaires* (sans contour précis) dans les cargneules, et des gîtes *secondaires* (en filons nets) dans les schistes calloviens. On a exploité autrefois, dans la même localité, des veines de blende et de galène, d'ailleurs peu importantes : ce sont, à l'évidence, des gîtes *secondaires* aussi, remplissant des cassures du Callovien et produits par les eaux minéralisées descendant de la nappe. Enfin, comme à Montmirail et à Propiac, il y a à Condorcet une source salée jadis utilisée dans un établissement de bains, source qui vient de la nappe triasique et qui témoigne de la persistance, dans les lambeaux de cette nappe, après tant de siècles de dissolution, d'une réserve de sels minéraux solubles.

Massif de Gigondas. — Dans le massif de Gigondas (²), nous avons fait, au sujet de la nappe de Suzette, trois observations nouvelles, toutes trois fort importantes.

Dans les cargneules mylonitiques, sur le chemin qui va de Bois-Long au Barroux, nous avons trouvé un fragment de *quartzite blanc, du type des*

(¹) V. Paquier, *loc. cit.*, p. 392 et suiv.
(²) Voir feuille *Orange* de la Carte géologique.

quartzites triasiques briançonnais. C'est la première fois qu'une telle roche apparaît dans le Trias de Suzette. Le quartzite en question, examiné au microscope, montre des joints phylliteux, à séricite, et d'assez nombreuses aiguilles de tourmaline développées *in situ*, indices d'un semi-métamorphisme, analogue à celui que l'on constate dans les quartzites de la Vanoise ou du Briançonnais *oriental*.

Aux environs de Montmirail, l'allure de la nappe de cargneules nous est apparue avec beaucoup plus d'évidence que l'an dernier. Les cargneules sont ici un épais manteau, *horizontal* dans son ensemble, jeté sur une énorme série de couches *verticales* qui est la série oligocène ; le manteau dépasse au Nord les limites de cette série et s'étend alors sur le Jurassique. Cette allure, horizontale ou faiblement ondulée, discordante et transgressive sur un pays de plis aigus et de couches souvent verticales, cette classique *allure de nappe* s'observe encore près du Moulin de Mitré, à l'ouest du vallon de La Fare, et aussi sur le bord nord de la grande masse triasique, près de la Font-du-Buis, au nord-est de Suzette.

Enfin, au sud et tout à côté du col où la route de Suzette à Malaucène sort du massif de Gigondas et pénètre dans la région de la mollasse, nous avons découvert, *dans la série oligocène plissée qui s'en va, à peu de distance de là, se cacher sur la nappe de Suzette*, des bancs d'un calcaire marneux, gris ou blanc rosé, fétide sous le choc, contenant en abondance *Helix Ramondi*. L'Oligocène du massif de Gigondas, Oligocène plissé avant la mise en place de la nappe de Suzette, comprend donc, à son sommet, des couches chattiennes. La nappe de Suzette est postérieure au Chattien ; et comme elle est antérieure au Burdigalien, elle est certainement aquitanienne. Aucun charriage des Alpes n'est daté avec plus de précision.

BOTANIQUE. — *Sur la nature du sphérome dans la cellule végétale.*
Note de M. **P.-A. Dangeard.**

La Note de M. Guilliermond, parue dans les *Comptes rendus* (t. 173, 1921, p. 331) sous le titre : *Observations cytologiques sur le bourgeon d'*Elodea canadensis, appelle une importante rectification : l'auteur continue à m'attribuer gratuitement, et contre toute évidence, le groupement dans la cellule végétale, sous le nom de *sphérome*, des granulations banales, produits du métabolisme cellulaire et que j'aurais désignées improprement sous le nom de *microsomes :* mes microsomes ne se coloreraient pas par les

méthodes dites *mitochondriales*, leur formation serait due au cytoplasme lorsque celui-ci renferme un excès de lipoïdes.

Or, dans une Note aux *Comptes rendus* (t. 173, 1921, p. 120), intitulée : *La structure de la cellule végétale dans ses rapports avec la théorie du chondriome*, j'avais déjà protesté contre une semblable affirmation dans les termes suivants ne prêtant à aucune équivoque :

« Le sphérome comprend des éléments auxquels j'ai proposé de limiter l'ancien nom de microsomes : ces microsomes, ainsi que je l'ai décrit, possèdent un substratum protéique, ils se colorent par la méthode de Regaud et également par l'hématoxyline ferrique après fixation au réactif de Laguesse. Il est inconcevable qu'après les descriptions que j'en ai données à diverses reprises, on veuille en faire de simples granulations banales.

» En réalité, ces microsomes, ainsi que je l'ai déjà suggéré, correspondent à la « seconde variété de mitochondries » que des chondriomistes impénitents continuent de ranger avec les plastes, dans le chondriome, malgré l'évidence apportée par mes recherches sur les Sélaginelles; on peut les assimiler également aux chondriosomes de Sapehin, de Sherrer et de Mottier qui ont établi, de leur côté, la distinction qui existe entre ces éléments et les plastes. »

En admettant que Guilliermond n'ait pas connu cette protestation, les citations qui vont suivre montreront que cet auteur, en m'attribuant une définition du sphérome et des microsomes qui n'est pas la mienne, qui en est la négation, s'est laissé entraîner dans une voie extrêmement regrettable.

Reportons-nous à ma Note du 1er décembre 1919, dans laquelle j'ai caractérisé les trois formations contenues à l'intérieur de la cellule végétale (1).

« Le cytoplasme, d'après la conclusion que Guilliermond donne à ses recherches, apparaît comme une substance homogène renfermant en suspension des organites spéciaux, les *mitochondries* qui servent de centre d'élaboration à la plupart des produits de sécrétion de la cellule : il aurait ressuscité, d'après ses propres expressions, les bioblastes d'Altmann.

A cette conception, je substitue la suivante :

Le cytoplasme renferme trois formations différentes par leur origine et par leur rôle :

1° Le vacuome, dont les métachromes et les vacuoles se colorent électivement par les colorants vitaux : il renferme la métachromatine qui peut se condenser en cor-

---

(1) P.-A. DANGEARD, *Sur la distinction du chondriome des auteurs en vacuome, plastidome et sphérome* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1005).

puscules métachromatiques et grains d'aleurone, accumuler des lipoïdes et fournir l'anthocyane.

2° Le plastidome formé par diverses sortes de plastes : mitoplastes, amyloplastes, chloroplastes et chromoplastes dont la fonction est l'élaboration de l'amidon et celle des pigments chlorophylliens et carotinoïdes.

3° Le sphérome constitué par les microsomes souvent imprégnés de substance oléagineuse (*Loc. cit.*, p. 1010).

Le sphérome, dans cette même Note, était défini de la façon suivante : (*Loc. cit.*, p. 1008).

« Le sphérome est constitué par l'ensemble des microsomes : ces microsomes sont de petites sphérules très réfringentes d'aspect oléagineux et qui noircissent plus ou moins par l'acide osmique; ils correspondent pour une part aux bioblastes d'Altmann; ils ont été englobés aussi parfois dans le chondriome sous le nom de *mitochondries* et certains auteurs y voient des granulations banales ou de simples gouttes d'huile. »

Après avoir constaté que ces microsomes se colorent en noir par l'hématoxyline ferrique, après fixation au liquide Laguesse — ce qui est une méthode mitochondriale — j'ajoute :

« La présence des microsomes dans les cellules jeunes, l'augmentation progressive de leur nombre avec le cloisonnement des méristèmes, l'existence de formes en courts bâtonnets semblent indiquer une multiplication par bipartition : mais la petitesse de ces éléments est un obstacle sérieux à l'observation du phénomène. En admettant comme vraisemblable une multiplication par bipartition, il est nécessaire quand même de les séparer des plastes avec lesquels ils n'ont aucune relation d'origine. »

Cette preuve de l'indépendance des microsomes et des plastes, je l'ai apportée complète, décisive en étudiant la *Selaginella Kraussiana* [1] chez laquelle « ces microsomes, dont l'existence ne saurait être contestée par personne, ont la propriété, comme je l'ai montré précédemment, de se teindre en noir par l'hématoxyline ferrique comme les mitoplastes et aussi les corpuscules métachromatiques, ce qui est la cause des nombreuses erreurs commises à leur sujet » (*Loc. cit.*, p. 304).

Or, parmi ces éléments, plastes et microsomes qui se colorent électivement de la même façon par les méthodes mitochondriales, j'ai pu suivre pas à pas, chez cette Sélaginelle, la filiation directe aux dépens d'un mitoplaste unique, de tous les plastes contenus dans les tissus soit de la tige, soit de la feuille, soit de la racine.

---

(1) P.-A. DANGEARD, *Plastidome, Vacuome et Sphérome dans* Selaginella Kraussiana (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 303).

La démonstration était ainsi fournie que, parmi les éléments de la cellule végétale, qui se colorent électivement par les méthodes dites mitochondriales et désignées indifféremment sous le nom de mitochondries, il y avait deux formations, complètement indépendantes, d'une part le plastidome avec ses diverses variétés de plastes et d'autre part le sphérome avec ses microsomes.

Les citations que je viens de reproduire suffisent à prouver de façon indiscutable que le groupement de granulations banales que Guilliermond continue à m'attribuer sous le nom de *sphérome* (Dangeard) ne correspond nullement avec la formation bien définie que j'ai désignée sous ce nom : mon étonnement ne serait pas plus grand si cet auteur avait eu l'idée de désigner sous le nom de *plastidome* (Dangeard) l'ensemble des vacuoles.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le théorème de Cauchy sur l'intégrale d'une fonction entre des limites imaginaires.* Note [1] de M. G. **Mittag-Leffler.**

Malmsten est le premier [2] qui, sans passer par une intégrale double, a publié une démonstration entièrement rigoureuse du théorème de Cauchy. Peu d'années plus tard, j'ai publié une autre démonstration plus directe et plus simple qui embrasse en même temps le théorème de Laurent et qui est valable pour des fonctions plus générales que celles traitées par Cauchy. Les dernières recherches de M. Borel m'ont suggéré l'idée de revenir à cette démonstration. Soient, pour plus de simplicité, C_q, $(q=0, 1, 2, \ldots, n)$, des cercles concentriques tels que $C_{q+1} > C_q$, et C_{n+1}, que nous désignerons encore par E, un cercle concentrique aux précédents et embrassant ceux-ci. Soient x_{qr}, $(r=0, 1, 2, \ldots, n)$, des points sur la périphérie des cercles

$$C_q \quad (q=0, 1, 2, \ldots, n+1); \qquad x_{q0}=x_{qn};$$
$$\arg(x_{qr}) > \arg(x_{q,r-1}); \quad \arg x_{q+1,r} = \arg x_{qr};$$
$$x_{q+1,r} = (1+\varepsilon_{qn})\, x_{qr},$$

où ε_{qn} est une quantité positive telle que, pour chaque $q=0, 1, 2, \ldots, n+1$, ε_{qn} tende vers zéro quand n augmente indéfiniment.

Supposons encore que $F(x)$ soit une fonction donnée d'une manière univoque et ayant une valeur finie pour tous les points x_{qr} $(r=0, 1, 2, \ldots, n)$.

---

(1) Séance du 11 novembre 1921.
(2) *Svenska Ak.*, t. 6, 1865.

Introduisons l'expression

$$\frac{x_{qr}\mathrm{F}(x_{qr}) - x_{q,r-1}\mathrm{F}(x_{q,r-1})}{x_{qr} - x_{q,r-1}} + \varepsilon_{nqr}$$
$$= \frac{(1+\varepsilon_{qn})x_{q,r-1}\mathrm{F}[(1+\varepsilon_{qn})x_{q,r-1}] - x_{q,r-1}\mathrm{F}(x_{q,r-1})}{(1+\varepsilon_{qn})x_{q,r-1} - x_{q,r-1}},$$

qui, multipliée par $x_{qr} - x_{q,r-1}$, donne

$$\varepsilon_{nqr}(x_{qr} - x_{q,r-1}) = \frac{\mathrm{F}[(1+\varepsilon_{qn})x_{q,r-1}]\,(1+\varepsilon_{qn})\,(x_{qr} - x_{q,r-1})}{\varepsilon_{qn}}$$
$$- \frac{1}{\varepsilon_{qn}}\mathrm{F}(x_{q,r-1})(x_{qr} - x_{q,r-1}) - [x_{qr}\mathrm{F}(x_{qr}) - x_{q,r-1}\mathrm{F}(x_{q,r-1})],$$

ou, en nous rappelant que $x_{q+1,r} = (1+\varepsilon_{qn})x_{qr}$,

$${}_{nqr}(x_{qr} - x_{q,r-1}) = \frac{1}{\varepsilon_{qn}}\mathrm{F}(x_{q+1,r-1})(x_{q+1,r} - x_{q+1,r-1})$$
$$- \frac{1}{\varepsilon_{qn}}\mathrm{F}(x_{q,r-1})(x_{qr} - x_{q,r-1}) - [x_{qr}\mathrm{F}(x_{qr}) - x_{q,r-1}\mathrm{F}(x_{q,r-1})].$$

Sommons de $r = 1$ jusqu'à $r = n$ et nous trouverons, à cause de l'égalité $x_{q0} = x_{qn}$,

$$\sum_{r=1}^{n} \varepsilon_{qn}\varepsilon_{qnr}(x_{qr} - x_{q,r-1})$$
$$= \sum_{r=1}^{n} \mathrm{F}(x_{q+1,r-1})(x_{q+1,r} - x_{q+1,r-1}) - \sum_{r=1}^{n} \mathrm{F}(x_{q,r-1})(x_{qr} - x_{q,r-1});$$

d'où, en posant

$$\sum_{\mathrm{C}_q} \mathrm{F}(x)\,\delta x = \sum_{r=1}^{n} \mathrm{F}(x_{q,r-1})(x_{qr} - x_{q,r-1}),$$

$$\sum_{\mathrm{C}_{q+1}} \mathrm{F}(x)\,\delta x - \sum_{\mathrm{C}_q} \mathrm{F}(x)\,\delta x = \sum_{r=1}^{n} \varepsilon_{qn}\varepsilon_{nqr}(x_{qr} - x_{q,r-1}).$$

En sommant cette dernière formule de $q = 0$ jusqu'à $q = n$, il vient

$$\sum_{\mathrm{C}_{n+1}} \mathrm{F}(x)\,\delta x - \sum_{\mathrm{C}_0} \mathrm{F}(x)\,\delta x = \sum_{q=0}^{n}\sum_{r=1}^{n} \varepsilon_{qn}\varepsilon_{nqr}(x_{qr} - x_{q,r-1}).$$

Jusqu'ici, nous n'avons pas soumis la fonction $\mathrm{F}(x)$ à d'autres conditions que d'avoir une valeur finie pour chacun des points x_{qr}. Introduisons main-

tenant une nouvelle restriction, savoir que « la fonction est telle que les nombres

$$|\varepsilon_{qn}\,\varepsilon_{nqr}| \qquad (r = 0, 1, 2, \ldots, n;\ q = 0, 1, 2, \ldots, n+1)$$

ainsi que les nombres $|\arg x_{qr} - \arg x_{q,r-1}|$ restent tous inférieurs à une quantité positive ε arbitrairement petite dès que n est suffisamment grand ». Désignons par l la longueur de la circonférence E. On aura

$$\left|\sum_{C_{n+1}} F(x)\,\delta x - \sum_{C_0} F(x)\,\delta x\right| < \varepsilon . l.$$

En faisant augmenter n au delà de toute limite et en supposant l'existence univoque des sommes limites

$$\int_{C_0} F(x)\,dx = \lim_{n=\infty} \sum_{C_0} F(x)\,\delta x, \qquad \int_{E} F(x)\,dx = \lim_{n=\infty} \sum_{E} F(x)\,\delta x,$$

la dernière inégalité donne

$$\int_{E} F(x)\,dx = \int_{C_0} F(x)\,dx.$$

Désignons maintenant par m_0 la valeur maximum de $F(x)$, quand x appartient au cercle C_0, et par l_0 la longueur de la circonférence de ce cercle. Supposons que $m_0 l_0$ descend au-dessous de toute limite en même temps que le rayon de C_0 s'approche indéfiniment de zéro. On déduit alors des trois formules suivantes

$$\sum_{C_0} F(x)\,\delta x = \sum_{r=1}^{n} F(x_{0,r-1})\,(x_{0r} - x_{0,r-1}),$$

$$\sum_{r=1}^{n} |F(x_{0,r-1})|\,|x_{0r} - x_{0,r-1}| \leq m_0\,l_0,$$

$$\left|\sum_{C_{n+1}} F(x)\,\delta x\right| < \left|\sum_{C_0} F(x)\,\delta x\right| + \varepsilon . l :$$

$$\int_{E} F(x)\,dx = \lim_{n=\infty} \sum_{C_{n+1}} F(x)\,\delta x = 0.$$

Ce résultat peut être résumé dans le théorème suivant :

« Soient E un cercle de centre zéro et de rayon R, et C_0 un autre cercle de rayon R_0. Considérons un ensemble de points $\rho e^{i\vartheta} R_0 \leqq \rho \leqq R$, partout dense et un autre ensemble $0 \leqq \vartheta \leqq 2\pi$ que nous supposons de même partout

dense. Soit $F(\rho e^{i\vartheta})$ une fonction donnée d'une manière univoque et ayant une valeur finie pour chaque point $\rho e^{i\vartheta}$. Supposons que cette fonction a la propriété suivante :

» ε étant une quantité positive arbitrairement petite, il existe toujours d'autres quantités δ et δ_1 suffisamment petites telles que

$$\left|\frac{\rho_1 e^{i\vartheta}F(\rho_1 e^{i\vartheta}) - \rho e^{i\vartheta}F(\rho e^{i\vartheta})}{(\rho_1-\rho)e^{i\vartheta}} - \frac{\rho e^{i\vartheta_1}F(\rho e^{i\vartheta_1}) - \rho e^{i\vartheta}F(\rho e^{i\vartheta})}{\rho(e^{i\vartheta_1}-e^{i\vartheta})}\right| < \varepsilon$$

tant que

$$0 < |\rho_1 - \rho| < \delta; \quad 0 < |\vartheta_1 - \vartheta| < \delta_1.$$

On aura alors, en supposant l'existence univoque des sommes

$$\sum_{|\vartheta_1-\vartheta|<\delta_1} F(\rho e^{i\vartheta})\rho(e^{i\vartheta_1}-e^{i\vartheta}) \qquad (R_0 \leqq \rho \leqq R)$$

et en posant pour chaque ρ

$$\int_{C_\rho} F(x)\,dx = \lim_{\delta_1=0} \sum_{|\vartheta_1-\vartheta|<\delta_1} F(\rho e^{i\vartheta})\rho(e^{i\vartheta_1}-e^{i\vartheta}),$$

$$\int_E F(x)\,dx = \int_{C_\rho} F(x)\,dx = \int_{C_0} F(x)\,dx.$$

» Si, de plus, x appartenant à C_0, $F(x)$ a une valeur maximum finie et si le produit de ce maximum et de la longueur de la périphérie de C_0 s'approche indéfiniment de zéro en même temps que $R_0 \to 0$, on aura

$$\int_E F(x)\,dx = 0. \text{ »}$$

Mon théorème comprend, on le voit, comme cas spécial, le théorème de Cauchy, qu'on obtient en faisant subir à $F(x)$ les nouvelles restrictions :

A. $F(x)$ est uniforme et continue pour tout domaine à l'intérieur de E.

B. $F(x)$ possède en chaque point appartenant à un tel domaine une dérivée univoque,

$$\lim_{|h|=0} \frac{F(x+h)-F(x)}{h} = F'(x).$$

Ces deux conditions remplies,

$$\frac{F(\rho_1 e^{i\vartheta}) - F(\rho e^{i\vartheta})}{(\rho_1-\rho)e^{i\vartheta}} - \frac{F(\rho e^{i\vartheta_1}) - F(\rho e^{i\vartheta_1})}{\rho(e^{i\vartheta_1}-e^{i\vartheta})}$$

tend indéfiniment vers zéro, tant que $|\rho_1 - \rho| \to 0$, $|\vartheta_1 - \vartheta| \to 0$.

Les conditions A et B sont les mêmes que chez M. Goursat dans sa démonstration du théorème de Cauchy. Ma démonstration, publiée vingt-sept ans avant celle de M. Goursat, suppose moins que la supposition B. Il n'est pas nécessaire d'admettre l'existence de la dérivée $F'(x)$. Il suffit qu'à chaque ε arbitrairement petit correspond une quantité δ telle que

$$(C) \quad \left| \frac{F(\rho_1 e^{i\vartheta}) - F(\rho e^{i\vartheta})}{(\rho_1 - \rho) e^{i\vartheta}} - \frac{F(\rho e^{i\vartheta_1}) - F(\rho e^{i\vartheta})}{\rho(e^{i\vartheta_1} - e^{i\vartheta})} \right| < \varepsilon \qquad (|\rho_1 - \rho| < \delta;\ |\vartheta_1 - \vartheta| < \delta).$$

D'un autre côté, en sortant de la supposition C et en introduisant la nouvelle condition que

$$\lim_{|\vartheta_1 - \vartheta| = 0} \frac{F(\rho e^{i\vartheta_1}) - F(\rho e^{i\vartheta})}{\rho(e^{i\vartheta_1} - e^{i\vartheta})}$$

ait une valeur univoque, on obtient, par un calcul facile que je dois à M. Carleman, la condition B de M. Goursat.

HYDRAULIQUE. — *Sur le rendement des turbines à réaction qui travaillent sous une charge variable.* Note [1] de M. DE SPARRE.

Pour les turbines appelées à travailler ordinairement dans le voisinage de la pleine charge, on peut les établir souvent de façon à obtenir dans ce cas le rendement maximum; seulement alors la diminution du rendement sera très importante si la turbine travaille sous une charge notablement réduite.

Je me propose de montrer d'abord comment on peut calculer le rendement pour le travail sous charge réduite, et de faire voir ensuite comment, en faisant un faible sacrifice sur le rendement pour le travail à pleine charge, on peut établir la turbine de façon que son rendement varie dans des limites très restreintes lorsque la charge varie assez considérablement.

Je conserve les notations de mes Communications des 7 mars et 20 juin 1921 [2]. Je désigne par KS_1 la surface totale de sortie de la roue, S_1 [3] désignant cette surface lorsque la turbine est établie de façon que la

---

(1) Séance du 21 novembre 1921.

(2) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 561 et 1561.

(3) Je désigne par S_0 la surface totale de sortie du distributeur, égale à la surface d'entrée de la roue, le réglage se faisant par directrices mobiles.

vitesse relative de l'eau à l'entrée de la roue soit tangente à l'aube pour le travail à pleine charge. Je suppose de plus que le réglage est fait par directrices mobiles du distributeur et je désigne par α'_0 l'angle de ces directrices avec la circonférence d'entrée, α'_0 étant égal à α_0 pour le travail à pleine charge.

En admettant, avec Resal, ainsi que je l'ai fait dans ma Communication du 20 juin, que la perte de force vive supplémentaire à l'entrée de la roue, par suite de l'élargissement brusque de la veine, et de l'angle de la vitesse relative avec les aubes, est égale à la force vive due aux vitesses variées, on arrive à la relation suivante :

$$(1)\qquad m\lambda^2 + 2n\lambda\frac{K}{\mu} - p\frac{K^2}{\mu^2} - q = 0 \quad [1],$$

où l'on a posé

$$(2)\qquad m = \frac{1+\eta}{\xi^2} + \frac{r_1^2}{r_0^2} - 1, \qquad n = -\frac{\sin\alpha_0\cos\beta_0}{\sin(\beta_0 - \alpha_0)}, \qquad q = \frac{r_1^2}{r_0^2}(1+b);$$

$$(3)\qquad l_0 = \frac{\sin\beta_0\cos\alpha_0}{\sin(\beta_0-\alpha_0)} = 1 - n, \qquad l = l_0\frac{\operatorname{tang}\alpha_0}{\operatorname{tang}\alpha'_0} = \frac{\sin\beta_0\sin\alpha_0\cos\alpha'_0}{\sin(\beta_0-\alpha_0)\sin\alpha'_0};$$

$$(4)\qquad p = (1+a)l^2 + 2nl + f, \qquad f = n^2 + \sin^2\alpha_0\frac{c + a\sin^2\beta_0}{\sin^2(\beta_0-\alpha_0)},$$

on a d'ailleurs pour le rendement

$$\rho = \frac{2\xi^2}{1+\eta}\left[\frac{r_1^2}{r_0^2}\left(\frac{\cos\beta_1}{\lambda} - 1\right) + \frac{Kl}{\lambda\mu}\right],$$

et en posant

$$z = \frac{1+\eta}{2\xi^2}\rho + \frac{r_1^2}{r_0^2}, \qquad i = \frac{r_1^2}{r_0^2}\cos\beta_1,$$

on aura

$$(5)\qquad \lambda z = i + \frac{Kl}{\mu}.$$

---

[1] Je rappelle que j'ai posé

$$\xi = \frac{u_0}{\sqrt{2gH_0}}, \qquad \mu = \frac{S_0 r_0 \sin\beta_0\sin\alpha_0}{S_1 r_1\sin\beta_1\sin(\beta_0-\alpha_0)} = \frac{w_1}{u_1}, \qquad H = H_0(1+\eta), \qquad \lambda = \frac{u_1}{w'_1},$$

où u_0 et u_1 sont les vitesses d'un point des circonférences d'entrée et de sortie de la roue; r_0 et r_1 leurs rayons; H_0 la hauteur de chute normale et H cette hauteur de chute à un instant quelconque; β_0 l'angle de l'aube à l'entrée de la roue avec u_0; β_1 son angle à la sortie avec le prolongement de u_1, en sens contraire du mouvement; w_1 la vitesse relative à la sortie, dans le cas où, pour le travail à pleine charge, la vitesse relative à l'entrée est tangente à l'aube; w'_1 cette vitesse relative à la sortie dans le cas général.

En éliminant λ entre (1) et (5), on aura

$$(6)\qquad (p\mathrm{K}^2 + q\mu^2)z^2 - 2n(\mu i + \mathrm{K}l)\mathrm{K}z - m(\mathrm{K}l + \mu i)^2 = 0.$$

Si l'on suppose la turbine établie de façon que, lorsqu'elle travaille à pleine charge sous hauteur de chute normale, la vitesse relative de l'eau à l'entrée de la roue soit tangente à l'aube, ce qui conduit à prendre $\mathrm{K} = 1$, cette équation fera connaître pour une valeur donnée de l'inclinaison α'_0 des directrices et par suite de l, la valeur de z et l'on en déduira celle du rendement par la formule

$$(7)\qquad \rho = \frac{2\xi^2}{1+\eta}\left(z - \frac{r_1^2}{r_0^2}\right).$$

Pour avoir ensuite une turbine dont le rendement varie peu lorsque la charge varie dans des limites assez étendues, on opérera comme il suit : Après avoir déterminé, comme je l'ai montré [1], quelles seraient pour une valeur donnée de ξ les conditions d'établissement de la turbine pour le rendement maximum dans le travail à pleine charge, on prendra une valeur légèrement inférieure ρ_1 du rendement et la valeur correspondante z_1 de z en conservant la même valeur l_0 de l. Pour ces valeurs de z et de l, l'équation (6) qui ordonnée par rapport à K s'écrira, en tenant compte de (4),

$$(8)\qquad \begin{aligned}&\{[(1+a)z^2 - m]l^2 + 2n(z-1)zl + fz^2\}\mathrm{K}^2\\ &\qquad - 2\mu i(nz + ml)\mathrm{K} + \mu^2(qz^2 - mi^2) = 0\end{aligned}$$

donnera deux valeurs de cette quantité, on prendra la plus petite K_1 et l'on modifiera les conditions de construction de la turbine de façon que sa surface de sortie soit $\mathrm{K}_1\mathrm{S}_1$ au lieu de S_1. Pour cette valeur K_1 de K l'équation (8), qui ordonnée par rapport à l s'écrit

$$(9)\qquad \begin{aligned}&\mathrm{K}^2[(1+a)z^2 - m]l^2 - 2\mathrm{K}[m\mu i - \mathrm{K}nz(z-1)]l\\ &\qquad + f\mathrm{K}^2z^2 - 2n\mu i\mathrm{K}z + \mu^2(qz^2 - mi^2) = 0\end{aligned}$$

et où z conserve la valeur z_1, admettra deux racines dont l'une sera l_0 et l'autre

$$(10)\qquad l_1 = 2\,\frac{m\mu i - n(z_1 - 1)z_1\mathrm{K}_1}{\mathrm{K}_1[(1+a)z_1^2 - m]} - l_0$$

et si alors

$$(11)\qquad \operatorname{tang}\alpha_1 = \frac{l_0}{l_1}\operatorname{tang}\alpha_0,$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 561.

le rendement sera au moins égal à ρ_1 lorsque l'inclinaison α'_0 des directrices varie de α_0 à α_1, et dans cet intervalle il passe par un maximum que l'on obtient de la façon suivante.

Pour que les racines de l'équation (9) soient réelles il faut

$$z \leqq z',$$

z' étant la plus grande racine de l'équation

$$(12) \quad \left[(1+a)\left(f+\frac{q\mu^2}{K^2}\right)-n^2\right]z^2-2n\left[\frac{(1+a)\mu i}{K}-n\right]z - \left[fm+n^2+\frac{m}{K}\left(\frac{q\mu^2}{K}+\frac{(1+a)i^2\mu^2}{K}-2n\mu i\right)\right]=0.$$

Pour cette valeur z' de z les racines de l'équation (9) sont égales et l'on a, par suite, pour l, la valeur

$$(13) \quad l'=\frac{m\mu i-n(z'-1)K_1 z'}{[(1+a)z'^2-m]K_1}$$

et l'on aura, pour valeur correspondante α' de α'_0,

$$(14) \quad \operatorname{tang}\alpha'=\frac{l_0}{l'}\operatorname{tang}\alpha_0.$$

Le maximum du rendement étant fourni par l'équation (7), où l'on donne à z la valeur z'.

Comme exemples :

Soit la turbine considérée [1] dans une Note précédente, pour laquelle $\xi = 1$, $\alpha_0 = \beta_1 = 20°$, $\beta_0 = 156°44'$, pour laquelle on a trouvé $\rho = 0,8159$. Prenons, en sacrifiant 2 pour 100 sur le rendement $\rho_1 = 0,795$, nous trouverons $K_1 = 0,6704$. Si nous réduisons alors, par une modification aux conditions d'établissement de la turbine, la surface de sortie à être $K_1 S_1$, nous en conclurons que, lorsque l'inclinaison des directrices varie de $\alpha_0 = 20°$ à $\alpha_1 = 8°31'$, le rendement reste au moins égal à 0,795 [2], il passe d'ailleurs par un maximum égal à 0,8246 pour $\alpha'_0 = 12°59'$.

Si la turbine avait été établie pour donner le rendement maximum pour le travail à pleine charge, on aurait des relations (6) et (7) pour $\alpha'_0 = 8°31'$, trouvé pour le rendement $\rho = 0,7214$.

Soit ensuite la turbine, également considéré dans ma Note [3], pour

---

[1] *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 561.
[2] Il s'agit ici du rendement non corrigé de l'influence des fuites.
[3] *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 561.

laquelle $\xi = 0,674$, $\alpha_0 = \beta_1 = 20°$, $\beta_0 = 85°5'$, pour laquelle nous avons trouvé, pour le rendement maximum à pleine charge, $\rho = 0,9006$; prenons $\rho_1 = 0,88$, nous trouverons $K_1 = 0,7186$.

Si nous modifions la construction de la turbine de façon à réduire la surface de sortie à être $K_1 S_1$, le rendement [1] restera au moins égal à 0,88, lorsque l'inclinaison de directrices varie de 20° à 8°55′ et il passera dans cet intervalle par un maximum égal à 0,9092, pour $\alpha'_0 = 12°12'$. Pour $K = 1$ on aurait au lieu de cela, pour $\alpha'_0 = 8°55'$, trouvé $\rho = 0,828$.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les efflorescences des Algues marines du genre* Cystoseira. Note de MM. **C. Sauvageau** et **G. Denigès**.

Nombre d'Algues brunes émettent, en séchant, des efflorescences farineuses ou cristallines que, depuis Gaultier de Claubry et Stenhouse, les auteurs ont surtout étudiées sur des espèces ayant un intérêt agricole ou industriel [2]. Nous nous sommes adressés au genre *Cystoseira* non encore étudié à ce point de vue, parce que ses nombreux représentants en produisent tous. Un moyen facile de les obtenir est le suivant : des individus choisis sur place, après avoir été bien secoués, puis débarrassés de leurs épiphytes s'il y a lieu, sont suspendus à l'ombre; la plante incomplètement sèche, est ensuite enveloppée dans du papier. Nous n'y avons rencontré ni l'iodure de potassium signalé par Mme Segers-Laureys dans les efflorescences du *Laminaria flexicaulis*, ni le tréhalose mentionné par Kylin dans celles de diverses Floridées; elles se réduisent au chlorure de potassium et à la mannite isolés ou mélangés.

Les efflorescences des parties fertiles ou stériles, jeunes ou vieilles, paraissent identiques, sur un même individu; cela s'apprécierait toutefois plus exactement sur des Algues plus larges.

Le KCl a été déterminé microchimiquement par les cristaux qu'il forme avec l'acide picrique, le tartrate monosodique, ou le perchlorate de sodium; son ion Cl a été dosé à l'aide de solutions titrées d'azotate d'argent et de chromate de potassium comme indicateur. La mannite a été déterminée microchimiquement par la forme de ses cristaux, par son point de fusion

(1) Toujours non corrigé de l'influence des fuites.
(2) C. Sauvageau, *Utilisation des Algues marines* (*Encyclopédie scientifique*, Paris, 1920).

et par l'action déshydrogénante du brome qui la transforme en lévulose qu'on a caractérisé par son osazone et la réaction de Sélivanoff.

Nous nous sommes d'abord adressés au *C. concatenata*, grande espèce rejetée chaque été, en état de fraîcheur, sur la côte basque, sans que l'on sache sa provenance, car sa seule station connue est une vaste prairie méditerranéenne voisine de Marbella (au sud de Malaga) ([1]). Un grand individu, recueilli le 20 août 1921 à Guéthary, donna des efflorescences cristallines de KCl pur qui, trois mois après la récolte, constituaient 10 pour 100 environ de son poids, et la plante, après 16 heures de macération dans l'eau stérilisée au toluène, donnait encore 15 pour 100 de KCl (soit en tout 25 pour 100) sans trace de mannite, mais avec une certaine proportion d'un hydrate de carbone qui n'a pas été déterminé ([2]). Les efflorescences de cette même Algue, draguée à Marbella par Rafael de Buen, les 25 juillet et 17 octobre 1913, 6 janvier 1914, et que depuis nous conservions en vrac, nous ont présenté aussi du KCl pur malgré les six prises faites sur chaque récolte; il en est donc vraisemblablement ainsi toute l'année.

Tous les *Cytoseira* ne se comportent pas de même. Pour éliminer les conditions de saison et de lieu, nous avons profité de la grande marée du 2 octobre dernier, pour récolter et sécher simultanément, les cinq espèces qui croissent à Guéthary. Les branches du *C. fibrosa*, plante de basse mer rarement accessible, étaient vigoureuses, sans aérocystes et dépourvues de l'*Elachistea flaccida* qui souvent les encombre. Tandis que le *C. ericoides* des flaques de basse mer est, à cette saison, garni de petites Phéosporées, *Ectocarpus*, *Sphacelaria*, *Myriactis*, etc., qui pourraient être des causes d'erreur, les individus de la zone du *Saccorhiza*, fructifiés et remarquablement propres, vigoureux et d'une belle iridescence, correspondant vraisemblablement à la seconde période de végétation plus précoce cette année, portaient seulement les galles de l'*Ectocarpus Valiantei*. A un niveau plus élevé, nous avons récolté les *C. fœniculacea* et *C. myriophylloides*, dont les vieilles branches envahies furent éliminées, tandis que l'inévitable *Melobesia farinosa* revêtait les branches les plus jeunes. Enfin, le *C. granulata*

([1]) C. Sauvageau, *A propos des* Cystoseira *de Banyuls et de Guéthary* (*Bull. Stat. biol. d'Arcachon*, 14e année, Bordeaux, 1912), et *Supplément* (*Ibid.*, 1920).

([2]) Tous nos pourcentages s'appliquent à la plante séchée durant quelques semaines au moins dans le laboratoire. Séché ensuite à 105°, le *C. concatenata* perdit encore 20 pour 100 d'eau. Le pourcentage réel en KCl serait donc de 31,25 au lieu de 25; celui des autres espèces devrait pareillement être multiplié par le coefficient approximatif, 1,25. Pour évaluer le potassium en K^2O, comme on fait souvent, on multiplierait par 0,63.

repoussait depuis un ou deux mois; tous ses rameaux étaient jeunes et iridescents.

Deux heures après la récolte, nous procédions au triage et au nettoyage à l'ombre, par une après-midi chaude. De légères efflorescences apparurent, presque aussitôt, sur le *C. fibrosa;* elles devinrent, par la suite, des taches farineuses, adhérentes, d'étendue variable, constamment formées de mannite pure. Le 2 novembre, la macération des ramules terminaux, en majeure partie fructifiés, et celle des sommets des tiges avec les jeunes rameaux y attenant, nous a fourni une quantité à peu près égale de KCl : 11,92 pour 100 pour le premier lot et 12,51 pour 100 pour le second, sans trace de mannite. Toute la mannite avait donc efflorescé, tandis que le KCl, à l'inverse de celui du *C. concatenata*, n'avait pu sortir. Un autre exemplaire de Guéthary, que nous conservions en vrac depuis plusieurs années, sans avoir noté la date de récolte, portait aussi des efflorescences très adhérentes de mannite pure. Toutefois, cette opposition avec le *C. concatenata* n'est pas constante. Ainsi nous avons reçu de M[lle] Doublet, vivant et en parfait état, un *C. fibrosa* stérile, récolté à Cherbourg le 31 octobre 1921; coupé sur une lame de verre, il laissait des traînées blanchâtres de KCl; la macération d'une partie de la plante fraîche donna 4,77 pour 100 de son poids de KCl (soit au moins trois fois plus pour la plante séchée) et seulement une très minime quantité de mannite; le restant, abandonné à l'air dans le laboratoire, fournit des efflorescences de KCl pur. Enfin, un grand exemplaire fructifié et très vésiculifère, récolté à Roscoff par le personnel de la Station biologique, le 2 novembre 1921, nous parvint le 5 en moins parfait état que celui de Cherbourg; mis aussitôt à sécher, il supporta, pendant plusieurs jours, une température assez basse, aux environs de 0°; examiné seulement le 17 novembre, il présentait d'assez nombreuses efflorescences, qui n'ont pas été pesées, de KCl pur, irrégulièrement réparties, couvrant certains aérocystes d'un dépôt neigeux. La macération de la plante, débarrassée de ses efflorescences, a donné 13,41 pour 100 de KCl, sans trace de mannite. Bien que récolté à un mois de distance seulement, le *C. fibrosa* ne se comporte donc pas de même dans le golfe de Gascogne et dans la Manche.

Le 15 octobre, nous avons examiné les autres espèces récoltées le 2 à Guéthary. Le *C. fœniculacea* montrait de rares efflorescences toutes formées de mannite; plus abondantes un mois plus tard, elles se composaient de mannite avec un peu de KCl; la macération fournit alors seulement 5,66 pour 100 de KCl avec des traces de mannite. Le *C. myriophylloides* n'a offert que d'infimes efflorescences et sa macération a donné seulement 1,49

pour 100 de KCl, sans mannite. Celles du *C. ericoides* étaient peu importantes, formées de KCl pur; bien que légèrement plus abondantes le 5 novembre, elles étaient encore de même nature. Celles du *C. granulata*, insignifiantes le 15 octobre, le rendaient grisâtre le 15 novembre; elles étaient un mélange de KCl dominant et de mannite.

Les efflorescences de diverses espèces, récoltées et séchées simultanément, varient donc dans leur nature chimique. Rechercher si elles varient dans une même espèce avec la saison et, comme celles du *C. fibrosa*, avec le lieu d'origine, présente des difficultés matérielles. Aussi avons-nous pensé à utiliser des plantes de l'herbier de l'un de nous où nombre d'espèces représentées à toute saison montrent la série de leurs variations morphologiques. Malheureusement, les plantes préparées sur place en manquent, car elles ont cédé leur suc au papier buvard, les autres avaient été conservées et transportées en vrac, toutes en possédaient alors; mais la nécessité de les mouiller, pour ensuite les étudier et les étaler en collection, avait fait disparaître les efflorescences. Il restait donc à notre disposition les échantillons superflus en vrac ou des échantillons étalés qui, ayant été peu mouillés en portaient encore assez, dans les parties épaisses, pour être analysées et c'est le très petit nombre. Les conditions n'ont donc plus l'uniformité de notre récolte du 2 octobre, et ne permettent ni de peser les efflorescences, ni de doser un produit de macération; les résultats valent néanmoins d'être mentionnés à cause de la diversité des espèces et des localités.

Les espèces déjà citées nous donnent les résultats suivants : *C. fœniculacea* (Guéthary, 14 novembre 1909), mannite pure; (*Ibid.*, 11 février 1910), mannite et petite quantité de KCl; un exemplaire de Saint-Vaast-la-Hougue (8 juillet 1910) donne du KCl; pur sur ses rameaux réceptaculifères, tandis que la tige d'un autre exemplaire de la même récolte donne de la mannite avec un peu de KCl. *C. myriophylloides* (Guéthary, 11 février 1910), mannite presque pure et traces de KCl, sur des rameaux non fructifères; (*Ibid.*, 6 juin 1910), KCl pur sur une épaisse grappe fructifère; (*Ibid.*, 14 novembre 1910), quantité égale de mannite et de KCl sur une tige portant des rameaux nouveaux. *C. ericoides* (Algésiras, 27 mars 1913; Malaga, 17 février et 9 avril 1913), mélange de KCl dominant et de mannite.

Parmi les espèces méditerranéennes : *C. sedoides* (cap Matifou, 8 mars 1910), KCl pur; *C. mediterranea* (Banyuls, 21 juin 1906) et *C. selaginoides* var. *gibraltarica* (Algésiras, 18 mars 1913), mélange de mannite dominante et un peu de KCl; *C. opuntioides* (Minorque, 22 mars 1894), KCl

pur sur les tophules récents; *C. stricta* (cap Matifou, 23 avril et 25 juin 1910), KCl pur; *C. discors* (Banyuls, 7 septembre 1907, pris à fleur d'eau, et 16 juin 1908 ramené par un chalut), mannite pure; (Algésiras, 18 mars 1913), mannite et traces de KCl; *C. abrotanifolia* (Cette, 13 juillet 1910), KCl pur; (Algésiras, 18 mars 1913), mannite et traces de KCl; (*Ibid.*, 27 mars 1913), KCl dominant et un peu de mannite.

Tandis que le KCl est *a priori* dissous dans le suc cellulaire, la mannite résulte vraisemblablement de la transformation de polysaccharides hexosiques. L'étude microchimique sur le vivant pourra seule expliquer les variations observées dans une même espèce.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Marcelin Dubroca. *Au sujet de la théorie de la relativité restreinte.* Première Partie : *Quelques illusions des sens et leur explication. Ébauche d'un complément de la cinématique newtonienne et sa comparaison avec la théorie einsteinienne.*

2° Albert et Alexandre Mary. *Dictionnaire de Biologie physiciste.*

3° J. Haag. *Cours complet de Mathématiques spéciales.* Tome II : *Géométrie.*

M. **A. Boutaric** adresse un Rapport sur les travaux effectués à l'aide de la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1919.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes de Pfaff et les transformations des équations aux dérivées partielles.* Note de M. **G. Cerf**, présentée par M. Goursat.

Le but de cette Note est d'indiquer comment il est possible de trouver des transformations pour des équations aux dérivées partielles du troisième ordre à deux variables indépendantes, possédant des caractéristiques du deuxième ordre. Comme dans une Note précédente [1] et à la suite de M. Goursat [2], je me sers de transformations opérées sur les systèmes de Pfaff (A) équivalents aux équations considérées.

[1] *Sur certains systèmes...* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 518).

[2] *Sur quelques transformations...* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1217).

I. Voici d'abord quelques résultats relatifs aux systèmes (A). Une équation du troisième ordre (E_1), pour laquelle les trois directions de caractéristiques sont distinctes, et telle que toutes les caractéristiques relatives à une de ces directions sont du second ordre, est équivalente à un système de Pfaff (A_1) de cinq équations à dix variables de la forme (1) + (2)

$$(1)\qquad \begin{cases} dz - p\,dx - q\,dy = 0, \\ dp - r\,dx - s\,dy = 0, \\ dy - s\,dx - t\,dy = 0; \end{cases}$$

$$(2)\qquad \begin{cases} A\,dr + B\,ds + D\,dx + E\,dy = 0, \\ A\,ds + B\,dt + E\,dx + F\,dy = 0, \end{cases}$$

où A, B, D, E, F sont des fonctions quelconques de x, y, z, p, q, r, s, t et de deux paramètres u et U.

Une équation du troisième ordre (E_2), pour laquelle deux familles de caractéristiques sont du second ordre, est équivalente à un système de Pfaff (A_2) de quatre équations à neuf variables de la forme (1) + (3)

$$(3)\qquad A\,dr + B\,ds + C\,dt + D\,dx + E\,dy = 0,$$

où A, B, C, D, E sont des fonctions quelconques de x, y, z, p, q, r, s, t et d'un paramètre u.

II. Considérons maintenant un système (A_1), et supposons que par un changement de variables il soit possible de le remplacer par un système équivalent (A'_1), de même forme par rapport aux nouvelles variables que le système (A_1), par rapport aux anciennes : ce système (A'_1) fournit une équation (E'_1) transformée de (E_1). Ecartons le cas où le changement de variables effectué comporte pour x, y, z, p, q, r, s, t des expressions résultant d'une transformation de contact; il faut alors, en général, pour que la possibilité énoncée se présente, que du système de relations définissant le changement de variables, on en puisse déduire quatre telles que les suivantes :

$$(4)\qquad \begin{cases} F(x, y, z, p, q, x', y', z', p', q') = 0, \\ \dfrac{dF}{dx'} = 0, \qquad \dfrac{dF}{dy'} = 0, \end{cases}$$

$$\begin{vmatrix} \dfrac{d^2F}{dx'^2} & \dfrac{d^2F}{dx'\,dy'} \\ \dfrac{d^2F}{dx'\,dy'} & \dfrac{d^2F}{dy'^2} \end{vmatrix} = 0,$$

$$\frac{d}{dx'} = \frac{\partial}{\partial x'} + p'\frac{\partial}{\partial z'} + r'\frac{\partial}{\partial p'} + s'\frac{\partial}{\partial q'}, \quad \dots, \quad \frac{d^2}{dx'^2} = \frac{d}{dx'}\left(\frac{d}{dx'}\right) \dots$$

Les transformations que l'on peut déduire d'un système tel que (4) ont été étudiées sommairement ailleurs ([1]) par des considérations toutes différentes de celles de la présente Note. Nous ne trouvons donc pas à vrai dire des transformations nouvelles, mais la méthode par laquelle nous les obtenons peut fournir, pour les étudier, des moyens beaucoup plus commodes que ceux qui résultent de la simple considération du système (4).

Remarque. — Il arrive qu'entre les coordonnées d'éléments du premier ordre, existent deux ou trois relations au lieu d'une seule.

Au lieu d'un système (A_1), on peut considérer un système (B_1) de cinq équations à onze variables, comprenant les équations (1) et deux équations telles que (3) où les coefficients A, B, ..., E, A′, B′, ..., E′ dépendent, outre de x, y, z, p, q, r, s, t, de trois paramètres u, v, w. Un tel système conduit, d'une façon immédiate, à une équation du troisième ordre, possédant, en général, des caractéristiques du deuxième ordre dépendant d'une seule constante arbitraire. Si l'on essaye de définir, pour cette équation, des transformations par un procédé analogue à celui qui vient d'être employé, on constate que la chose n'est possible que si le système (B_1) est équivalen à un système (A_1).

III. On peut obtenir des équations du troisième ordre comme résolvant de systèmes de Pfaff de trois équations à huit variables. En voici un cas différent de ceux qui sont déjà signalés; c'est le cas où le système est réductible à la forme (A_3) :

$$\begin{cases} dp - r\,dx - s\,dy = 0 \\ dq - s\,dx - t\,dy = 0 \end{cases} \qquad A\,dr + B\,ds + C\,dt + D\,dx + E\,dy.$$

où A, B, C, D, E sont des fonctions quelconques de x, y, p, q, r, s, t et d'un paramètre u. Il s'agit ici d'équations (E_2) admettant deux familles de caractéristiques du second ordre. D'une façon générale, nous avons vu qu'une telle équation est équivalente à un système de Pfaff (A_2) de quatre équations à neuf variables. Si l'on peut trouver trois équations de (A_2) formant un système de classe 8 équivalent à (A_3), il est clair que l'on a déterminé une transformation pour (E_2), et à toute solution de la nouvelle équation correspondent des solutions de (E_2) dépendant d'une constante arbitraire. On constate, ici encore, que les formules du changement de variables qui permet d'obtenir le système (A_3) doivent contenir au moins une relation où ne figurent que les coordonnées d'éléments du premier

([1]) *Sur les transformations....* (*Journal de Mathématiques*, t. 1, 1918, Chap. II).

ordre, et par exemple, s'il n'en existe qu'une, il faut lui adjoindre d'autres relations comme on l'a fait pour construire le système (4). Les transformations envisagées rentrent donc dans une catégorie déjà connue; mais, comme précédemment, il faut remarquer qu'il peut y avoir de grands avantages à les étudier sous la nouvelle forme obtenue; une des bases de ces recherches sera une étude systématique des systèmes de Pfaff de trois équations à huit variables et de quatre équations à neuf variables.

La généralisation des résultats présentés à des équations d'ordre supérieur à 3 est immédiate.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries* $\sum \frac{A_k}{z-\alpha_k}$. Note de M. **J. Wolff**, présentée par M. Émile Borel.

La présente Note trouve son origine dans un entretien avec M. Arnaud Denjoy, où il posa la question : « Une série $\sum \frac{A_k}{z-\alpha_k}$ peut-elle être prolongeable dans les régions où sont situés les α_k, en supposant la série $\Sigma|A_k|$ convergente? »

On sait qu'une convergence suffisamment rapide de cette série entraîne la prolongeabilité le long de certaines courbes traversant la région des α_k, prolongeabilité non analytique d'après les belles recherches de M. Borel (voir par exemple *Leçons sur les Fonctions homogènes*). Quant à la prolongeabilité analytique, dans des cas très étendus nous sommes sûrs de l'impossibilité, depuis les travaux de Picard (*Comptes rendus*, 1881), Goursat, (*Bull. Sc. Math.*, 2e série, t. 11, p. 17), Poincaré (*Acta Soc. Sc. Fennicae*, t. 13), Pringsheim (*Math. Ann.*, t. 42, p. 44), Borel (*Thèse* et *loc. cit.*), Julia (*Bull. Soc. Math. Fr.*, t. 41) et autres.

On pourrait être tenté de croire qu'une telle série ne peut jamais se prolonger analytiquement dans les régions des α_k. Cependant il n'en est rien, comme nous allons le voir.

Soit C un cercle de rayon R et de centre O ($z=0$). Nous pouvons, par une infinité de cercles γ_k, intérieurs à C, extérieurs l'un à l'autre, recouvrir une partie de l'aire de C dont la mesure égale l'aire de $C=\pi R^2$. Soient α_k l'affixe du centre de γ_k et A_k l'aire de γ_k. Considérons la série

$$f(z)=\sum_{k=1}^{\infty}\frac{A_k}{z-\alpha_k} \quad \text{pour } |z|>R. \tag{1}$$

Des propriétés des fonctions harmoniques il résulte

$$\frac{A_k}{z-\alpha_k}=\int\int_{\gamma_k}\frac{dx\,dy}{z-x-iy}.$$

Donc

$$f(z)=\sum_{k=1}\int\int_{\gamma_k}\frac{dx\,dy}{z-x-iy}=\int\int_{C}\frac{dx\,dy}{z-x-iy}=\frac{\pi R^2}{z}.$$

Les α_k ont chaque point de la circonférence C et chaque point des circonférences γ_k pour point limite et cependant $f(z)$ est holomorphe partout sauf au point O.

La série (1) présente encore la particularité de converger absolument en tout point différent des α_k. En effet, si z est à l'intérieur de l'un des cercles γ_k, la chose est évidente. Si z n'est intérieur à aucun de ces cercles, on a

$$(2) \qquad \sum\frac{A_k}{z-A_k}=\sum\int\int_{\gamma_k}\frac{dx\,dy}{z-x-iy}=\int\int_{C}\frac{dx\,dy}{z-x-iy}.$$

Donc la série (1) a pour somme $\frac{\pi R^2}{z}$ lorsque $|z|\geqq R$, et $\frac{\pi|z^2|}{z}$ lorsque $|z|$ étant inférieur à R, z est différent des α_k.

Remarques sur la Note de M. J. Wolff, par M. ÉMILE BOREL.

L'importante Note du savant professeur de Groningue me paraît appeler deux remarques, destinées à en mettre en évidence les conséquences au point de vue de la théorie des fonctions de variable complexe et au point de vue de la théorie des ensembles de mesure nulle.

1. On savait déjà qu'une fonction monogène définie par une série de fractions rationnelles

$$(1) \qquad f(z)=\sum\frac{A_n}{z-a_n}$$

admet dans certains cas les « pôles apparents » a_n comme points réguliers; d'autre part, j'ai montré que l'hypothèse d'une convergence suffisamment rapide de la série

$$(2) \qquad \Sigma|A_n|$$

suffit à entraîner la conséquence que les pôles apparents sont de véritables pôles pour la fonction monogène, car elle est, dans cette hypothèse, prolongeable le long de certaines lignes dans les régions même où elle n'est pas analytique. La question restait ouverte de savoir si les conditions restrictives que j'avais imposées à la rapidité de la convergence de la série (2) n'étaient pas trop restrictives et si la simple convergence de la série ne permettait pas d'arriver aux mêmes conclusions; à cette question, qui lui avait été posée par M. Denjoy, M. Wolff répond par la négative; il est donc nécessaire d'imposer à la série (2), pour que les pôles apparents de (1) soient sûrement de vrais pôles, des conditions de convergence *suffisamment rapide*, sinon aussi rapide que celle qui résulte des conditions que j'ai utilisées dans mes démonstrations; la détermination plus précise de la nature de ces conditions de convergence est un problème qu'il serait fort intéressant de résoudre.

2. La série (1) définie par M. Wolff n'appartient certainement pas à la classe des séries qui sont prolongeables dans les domaines que j'ai appelés (C), domaines dans lesquels les points singuliers sont denses, puisque l'on sait que dans ce cas les pôles apparents de la série sont vraiment des points singuliers du prolongement et que, d'autre part, d'après la théorie des développements que j'ai appelés (M), lorsque le prolongement analytique direct est possible, il ne peut pas conduire à une autre fonction que le prolongement au moyen des développements (M). La conclusion que l'on doit tirer de ce fait est la suivante : considérons, avec M. Wolff, un cercle C_0 et un cercle C_1 intérieur à C_0 (ou tangent intérieurement), puis le plus grand cercle C_2 que l'on puisse tracer à l'intérieur de C_0, lorsque le domaine C_1 en est exclu, puis le plus grand [1] cercle C_3 intérieur à C_0, lorsque C_1 et C_2 sont exclus, et ainsi de suite; les aires $\sigma_0, \sigma_1, \sigma_2, \ldots, \sigma_n, \ldots$ des cercles C_0, $C_1, C_2, \ldots, C_n, \ldots$ forment une série convergente et l'on a

$$(3) \qquad \sigma_0 = \sigma_1 + \sigma_2 + \ldots + \sigma_n + \ldots;$$

nous pouvons affirmer que cette série converge moins rapidement que la série dont le terme général serait $e^{-e^{n^2}}$. Il y aurait intérêt à trouver directement la valeur asymptotique de σ_n.

Il n'est pas évident que le procédé que nous avons suivi et qui consiste à prendre chaque fois le plus grand cercle possible soit celui qui conduise à la

---

[1] Dans le cas où il y a *deux* cercles maxima égaux, on prendra l'un quelconque pour C_3.

série (3) dont la convergence soit la plus rapide; mais tout autre procédé conduirait à une série dont la rapidité de convergence aurait la limitation qui vient d'être indiquée.

J'ai proposé une classification des ensembles de mesure nulle basée sur la rapidité de la convergence des séries successives d'intervalles dont la somme tend vers zéro et qui contiennent un tel ensemble; on pourrait aussi baser la classification sur la rapidité de la convergence des intervalles bien déterminés dont l'exclusion définit l'ensemble de mesure nulle; il serait fort intéressant de comparer ces deux classifications entre elles. On voit que, si l'on adopte la seconde, on obtient immédiatement une limitation pour la classe des ensembles plans de mesure nulle que l'on peut définir en utilisant seulement les cercles comme domaines d'exclusion.

Cette remarque me confirme dans l'opinion que l'étude approfondie de la classification des ensembles de mesure nulle est le plus important des problèmes qui se posent actuellement en théorie des fonctions, étant bien entendu que dans cette étude, on ne devra pas perdre de vue le souci des applications.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions entières et leurs fonctions inverses.* Note de M. G. VALIRON, présentée par M. Émile Borel.

I. Une Note récente de M. Diermendjian (14 novembre 1921) me détermine à signaler un résultat qui est une conséquence très immédiate des théorèmes de M. Borel, et auquel j'ai été conduit par la lecture d'une Note de M. Fatou (*Bulletin de la Société math.*, 1921). Soit $F(z)$ une fonction admettant le point à l'infini pour point singulier isolé essentiel, et supposons connue la notion d'ordre (apparent et réel, fini ou infini) de M. Borel. Convenons de dire que *les zéros* de $F(z)-x$ sont exceptionnels B (pour la valeur x) lorsque leur ordre réel est inférieur à l'ordre (apparent) de $F(z)$; et que les *zéros de degré de multiplicité p* sont exceptionnels B pour la valeur x lorsque l'ordre de la suite de ces zéros de degré p de $F(z)-x$ est inférieur à l'ordre de $F(z)$. On a ces propositions :

S'il existe une valeur a pour laquelle *les zéros* sont exceptionnels B, les *zéros simples* ne peuvent être exceptionnels B pour toute autre valeur x distincte de a.

Il ne peut exister plus de deux valeurs a, b, pour lesquelles les *zéros simples* soient exceptionnels B.

S'il existe une valeur a pour laquelle les *zéros simples* et les *zéros doubles* sont exceptionnels B, les *zéros simples* ne peuvent être exceptionnels B pour x distinct de a.

II. M. Fatou m'a signalé en juillet dernier la proposition suivante dont l'intérêt est très grand étant donné le peu que l'on sait sur les fonctions inverses des fonctions entières :

$f(z)$ étant une fonction entière et ε un nombre positif quelconque, l'équation $f(z) = Z$ admet des racines de module inférieur à $|Z|^\varepsilon$ dès que $|Z|$ est suffisamment grand

M. Fatou montrait, par l'emploi des suites normales de fonctions, que la proposition est vraie, sauf peut-être dans certaines couronnes du plan des Z, couronnes dont l'épaisseur totale est finie. Je vais démontrer que, *dans le cas des fonctions d'ordre fini*, le théorème de M. Fatou, et même une proposition un peu plus précise, est bien vrai sans restrictions.

Posons

$$f(z) = c_0 + c_1 z + \ldots,$$

désignons par ρ l'ordre de $f(z)$, et par $M(r)$ le maximum de son module pour $|z| = r$. Si P est un nombre supérieur à ρ, on peut écrire (en supposant déjà $|Z| > |c_0|$)

$$(1) \qquad \varphi(z) = \frac{f(z) - Z}{c_0 - Z} = 1 + \frac{c_1}{c_0 - Z} z + \ldots = e^{b_1 z + \ldots + b_P z^P} \prod_1^\infty E\left(\frac{z}{a_n}, P\right),$$

$E(u, P)$ étant le facteur primaire de genre P de Weierstrass, et a_n le $n^{\text{ième}}$ zéro de $f(z) - Z$. Le produit canonique figurant dans $\varphi(z)$ a un développement de la forme

$$1 + d_{P+1} z^{P+1} + \ldots,$$

et par suite l'identification des deux membres de l'égalité (1) montre que

$$|b_1| < \frac{K}{|Z|}, \quad \ldots, \quad |b_P| < \frac{K}{|Z|},$$

K étant un nombre fixe ne dépendant que des P premiers coefficients de $f(z)$. Le maximum du module pour $|z| = r$ de l'exponentielle figurant dans $\varphi(z)$ sera donc moindre que e, pourvu que r^{P+1} soit moindre que $|Z|$ et que $|Z|$ soit assez grand.

Supposons que le module r_1 du premier zéro a_1 de $\varphi(z)$ soit supérieur à $2r$, le logarithme du module du produit canonique de $\varphi(z)$ sera moindre

que

(2) $$K_1 r^{P+1} \sum_1^\infty \frac{1}{|a_n|^{P+1}},$$

K_1 étant une constante indépendante de Z. Or, pourvu que r et $|Z|$ soient supérieurs à des nombres fixes, le module de $\varphi(z)$ est moindre que $K_2 M(r)$, et l'ordre de $M(r)$ étant ρ, le théorème de M. Jensen montre que le nombre $n(x)$ des zéros de $\varphi(z)$ pour $|z| \leqq x$ vérifie l'inégalité

$$n(x) < x^{\rho+\alpha} \qquad (\alpha > 0)$$

à partir d'une valeur X_α indépendante de $|Z|$. Il en résulte que l'on a, avec l'hypothèse faite sur r_1,

$$\sum_1^\infty \frac{1}{|a_n|^{P+1}} = (P+1)\int_{r_1}^\infty \frac{n(x)\,dx}{x^{P+2}} < \frac{P+1}{P+1-\rho-\alpha} r_1^{\rho-\alpha-P-1}.$$

En portant cette valeur dans (2) et en tenant compte du résultat obtenu pour le facteur exponentiel, on voit que, *si* $|Z|$ *est assez grand, si* r^{P+1} *est inférieur à* $|Z|$, *et si l'on a*

$$r_1 > K_3 r^{\frac{P+1}{P+1-\rho-\alpha}} > r^{1+\delta} \qquad \left(\delta > \frac{\rho+\alpha}{P+1-\rho-\alpha}\right),$$

le module de $\varphi(z)$ *sera moindre que* e^2 *pour* $|z| = r$.

Désignons alors par $r = V(u)$ la fonction inverse de $u = M(r)$, et prenons r égal à $V(|Z|e^3)$, le module de $\varphi(z)$ sera supérieur à e^2 pourvu que $|Z|$ soit assez grand; quel que soit P, r^{P+1} est moindre que $|Z|$ à partir d'une valeur de $|Z|$ en vertu du théorème de Liouville; c'est donc que r_1 ne peut être supérieur à $r^{1+\delta}$. Si l'on remarque que, d'après le théorème de M. Hadamard sur la croissance de $\log M(r)$, $V(|Z|e^3)$ est moindre que $V(|Z|)^{1+\delta'}$ ($\delta' > 0$) à partir d'une valeur de r, on arrive à cette proposition qui comprend celle énoncée au début :

Quel que soit le nombre positif δ, *il existe un nombre* R_δ *tel que, pour* $|Z| > R_\delta$, *l'équation* $f(z) = Z$ *a une racine au moins dont le module est compris (au sens large) entre* $V(|Z|)$ *et* $V(|Z|)^{1+\delta}$.

HYDRAULIQUE. — *Sur les régimes hydrauliques* [1]. Note de M. C. **Camichel**, transmise par M. Blondel.

On sait depuis Stokes que l'hypothèse de la continuité est absolument incapable de représenter, même grossièrement, le mouvement des fluides

[1] Voir *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 630.

parfaits, dans le cas d'un obstacle fixe placé dans un courant rectiligne uniforme indéfini, et qu'elle conduit à des paradoxes tels que celui de d'Alembert. Comme l'ont montré pour la première fois Helmholtz et Kirchhoff, il est indispensable d'envisager des surfaces de discontinuité des vitesses (surfaces de glissement) que la représentation conforme permet de calculer dans certains cas particuliers.

Dans l'étude des régimes hydrauliques, j'ai eu l'occasion de produire de pareilles surfaces de discontinuité.

I. Dans un ajutage formé par un tube rectangulaire vertical ayant 43^{cm} de longueur et une section de $8^{cm},8 \times 3^{cm},15$, fixé sur le fond d'une chambre d'eau, j'ai d'abord réalisé un champ de vecteurs vitesses verticales, constantes dans la plus grande partie de la section. J'ai placé ensuite, à l'intérieur de l'ajutage, à 32^{cm} du fond de la chambre d'eau et normalement aux grandes parois, des obstacles formés par des cylindres de formes diverses : palettes, tiges circulaires, etc. En employant la méthode déjà signalée, j'ai pu observer et photographier des surfaces de discontinuité, qui sont très nettes jusqu'à une distance de 2^{cm} à 3^{cm} en aval de l'extrémité inférieure de l'obstacle.

A l'extérieur de la surface de discontinuité se trouve réalisé le régime non turbulent, à l'intérieur (sillage) prennent naissance des tourbillons et la pression moyenne s'y répartit, au voisinage de l'obstacle, suivant la loi hydrostatique. Ce résultat a été vérifié en employant comme corps immergé un tube cylindrique à base circulaire de 8^{mm} de diamètre, percé d'un trou de 1^{mm}. En faisant tourner le cylindre autour de son axe, on peut déterminer la répartition des pressions sur sa surface.

Voici quelques nombres relatifs à une expérience dans laquelle la vitesse moyenne de l'eau était de $1^{m},35$ par seconde : α désigne l'angle de la verticale et du rayon aboutissant au centre de l'orifice de 1^{mm}.

α.	Indication du manomètre en centimètres d'eau.	
0	77,2	T = 13° C.
30	72,2	
60	61,8	
90	61,25	Indication du manomètre constante.
120	61,4	
150	61,3	
180	61,25	

La répartition est symétrique. En déterminant sur la photographie le point où la surface de discontinuité se détache de l'obstacle, on vérifie que l'indication du manomètre devient constante à partir de ce point.

II. Le manomètre employé dans ces expériences comprend une série de

boîtes métalliques plates ondulées, dont le mouvement est amplifié par un système optique comprenant un miroir et une échelle translucide. Cet appareil a le grand avantage de suivre les régimes, pourvu qu'ils durent au moins 0,5 seconde. Combiné avec la méthode optique, il s'applique tout particulièrement à l'étude des régimes dans les conditions d'instabilité comme celles que M. Rateau a mises en évidence pour les fluides gazeux, et MM. Reynolds et Couette pour les liquides.

J'ai pu ainsi observer que d'une façon générale, dans les tubes, ayant par exemple $13^{mm},5$ de diamètre intérieur et 2^m de longueur et pour des vitesses de 1^m à 2^m par seconde, le régime non turbulent se produit de préférence dans les premières secondes qui suivent l'ouverture du tube. En régime turbulent, le manomètre paraît mettre en évidence l'existence de régimes distincts.

III. Les pressions à la proue et à la poupe (sillage) du corps immergé sont bien définies; elles le sont moins bien dans la région où la surface de discontinuité se détache de la surface du corps immergé.

Il en résulte que dans l'emploi du tube de Pitot tel que M. Bazin l'a utilisé dans ses études sur la répartition des vitesses dans les nappes des déversoirs, et qui est formé d'un couteau immergé dans le courant d'eau, il serait préférable de déterminer les pressions à la proue et à la poupe, au lieu de les mesurer à la proue et latéralement. Le tube de Pitot peut alors présenter une réelle précision.

IV. Il reste à étudier la répartition des vitesses autour du corps immergé et la zone de sillage. Je signale seulement le fait qu'à la suite du sillage à une distance suffisante du corps immergé, on constate la production d'un régime turbulent; à l'extérieur de la surface de discontinuité, on a, comme je l'ai déjà dit, le régime hydraulique non turbulent. On peut dire que dans une masse d'eau en mouvement, on a, d'une façon générale, la coexistence du régime hydraulique turbulent et du régime hydraulique non turbulent.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la variation d'énergie autour d'un point d'une machine hydraulique rotative.* Note de M. **D. Eydoux**, présentée par M. Rateau.

I. Dans une précédente Note [1], j'ai montré la nécessité du vecteur tourbillon quand il y a variation d'énergie le long d'un filet liquide et

[1] *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 701.

indiqué que Bauersfeld et Lorenz l'avaient démontré pour une machine rotative. Je vais donner, dans ce cas, une expression vectorielle de la variation d'énergie le long d'un filet de courant.

Prenons une machine hydraulique rotative à aubes infiniment voisines et supposons les phénomènes indépendants de l'azimut par rapport à l'axe de rotation pris comme axe des z; la seule force extérieure, en dehors des réactions des aubes étant la pesanteur, cette hypothèse revient, lorsque l'axe n'est pas vertical, à négliger, vis-à-vis des forces de pression, son action pendant le passage de l'eau dans la roue ([1]).

Nous désignerons par U, V, W et T les vitesses d'entraînement, absolue et relative et le tourbillon en un point. Les mêmes quantités affectées des indices m, r et n désigneront leurs composantes dans le méridien, suivant le rayon r et perpendiculairement au rayon; u, v, w et ξ, η, ζ seront les composantes de V et T suivant les trois axes; enfin, ω étant la vitesse angulaire uniforme de la machine, $-\omega y$ et ωx seront les composantes de U suivant Ox et Oy.

En vertu de la symétrie du mouvement par rapport à Oz, nous aurons

$$(1)\quad \begin{cases} u^2+v^2=f(r^2, z), & u\dfrac{\partial u}{\partial x}+v\dfrac{\partial v}{\partial x}=x\dfrac{\partial f}{\partial r^2}, & u\dfrac{\partial u}{\partial y}+v\dfrac{\partial v}{\partial y}=y\dfrac{\partial f}{\partial r^2}, \\ w^2=\varphi(r^2, z), & w\dfrac{\partial w}{\partial x}=x\dfrac{\partial \varphi}{\partial r^2}, & w\dfrac{\partial w}{\partial y}=y\dfrac{\partial \varphi}{\partial r^2}. \end{cases}$$

Le théorème de Bernoulli en mouvement relatif,

$$\frac{d}{dt}\left[\frac{W^2-U^2}{2g}+\frac{p}{\varpi}+h\right]=0,$$

nous donne le long d'un filet

$$\begin{aligned} \frac{dE}{dt}&=\frac{d}{dt}\left[\frac{V^2}{2g}+\frac{p}{\varpi}+h\right]=\frac{1}{g}\frac{d}{dt}[UV\cos(U, V)] \\ &=\frac{\omega}{g}\frac{d}{dt}[vx-uy]=\frac{\omega}{g}[v'x-u'y] \\ &=\frac{\omega}{g}\left[x\left(u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+w\frac{\partial v}{\partial z}\right)-y\left(u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}\right)\right], \end{aligned}$$

ou, en utilisant les relations (1),

$$\frac{dE}{dt}=\frac{2\omega}{g}[\zeta(ux+vy)-w(x\xi+y\eta)],$$

ce qui exprime la variation d'énergie en fonction de V et T, et montre que cette variation est nulle si le tourbillon est nul ou parallèle à V.

([1]) Cette approximation est constamment admise dans la théorie de ces machines.

Nous avons, d'autre part,

$$ux + vy = rV_r, \qquad x\xi + y\eta = rT_r;$$

d'où

$$\frac{dE}{dt} = \frac{2U}{g}[V_r\zeta - wT_r] = \frac{2U}{g}V_m T_m \sin(V_m, T_m) = \frac{2}{g}[U, V, T],$$

le terme [U, V, T] représentant le volume du parallélépipède construit sur les trois vecteurs U, V et T.

Les composantes de la vitesse absolue et du tourbillon situées dans le plan méridien interviennent donc seules; l'eau étant un liquide visqueux et tout tourbillon ne servant pas à faire tourner la machine correspondant à une perte d'énergie inutile, il faudra éviter tout écoulement donnant lieu à un tourbillon d'axe normal à un plan méridien.

II. Cette voie nous permet d'exprimer, toujours en fonction de T, les composantes en un point de la réaction due aux aubes rapportée à l'unité de masse et retrouver, avec les notations habituelles, les résultats de Bauersfeld et de Lorenz. Désignons ces composantes par q_x, q_y, q_z. Nous aurons, en négligeant l'action de la pesanteur dans la roue,

$$\frac{g}{\varpi}\frac{\partial p}{\partial(x, y, z)} = (q_x, q_y, q_z) - (u', v', w'),$$

ou

$$\frac{dE}{dt} = \frac{1}{g}[uq_x + vq_y + wq_z] = \frac{\omega}{g}[xq_y - yq_x],$$

puisqu'il s'agit d'une rotation autour de Oz; d'où

$$q_x(u + \omega y) + q_y(v - \omega x) + q_z w = 0.$$

La réaction d'aube est donc normale à la vitesse relative. Considérons d'autre part un plan méridien et la trace de l'aube dans ce plan; le travail de la réaction est nul le long de cette ligne; la composante méridienne de la réaction est donc normale à la trace de l'aube; il en est de même pour la réaction qui, perpendiculaire à deux courbes situées dans l'aube, est par suite normale à l'aube.

Nous avons d'autre part

$$(q_x, q_y, q_z) = \frac{g}{\varpi}\frac{\partial p}{\partial(x, y, z)} + (u', v', w');$$

d'où, et en utilisant les équations (1),

$$q_x = \frac{\partial E}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z} = 2[w\eta - (v - \omega x)\zeta],$$

$$q_y = 2[(u + \omega y)\zeta - w\xi], \qquad q_z = 2[(v - \omega x)\xi - (u + \omega y)\eta];$$

d'où

$$\xi q_x + \eta q_y + \zeta q_z = 0.$$

Le tourbillon, perpendiculaire à la réaction, est donc tangent à l'aube La réaction a pour valeur

$$Q = 2\,WT \sin(W, T).$$

Enfin, considérons la trace d'une aube sur un plan méridien. On a sur cette ligne

$$q_r\,dr + q_z\,dz = 0$$

ou

$$0 = q_z w + q_r V_r = q_z w + \frac{q_r}{r}(ux + vy).$$

Le calcul de cette expression donne

$$(V_n - \omega r)(w T_r - \zeta V_r) = 0. \tag{2}$$

$V_n - \omega r$, composante de W normale au plan méridien, n'est pas nulle. Le deuxième facteur est donc nul; or l'équation (2) représente la variation d'énergie le long de la trace de l'aube. Sur cette trace, d'un filet à l'autre, la variation d'énergie est nulle. Donc, si tous les filets possèdent la même énergie à leur entrée dans la roue, leur énergie restante sera la même sur la trace d'une aube dans un plan méridien.

MÉCANIQUE. — *Sur les deux coefficients d'inertie de Lorentz pour les mouvements à grandes vitesses.* Note de M. G. **Fontené**.

1. Lorentz a proposé pour les mouvements à grandes vitesses, tels que ceux des électrons, deux coefficients d'inertie m' et m'', *masse longitudinale* et *masse transversale*, variables avec la vitesse et donnés par les formules

$$m' = \frac{\mu}{\left(1 - \frac{V^2}{W^2}\right)^{\frac{3}{2}}}, \tag{1}$$

$$m'' = \frac{\mu}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{W^2}}}, \tag{2}$$

W étant la vitesse de la lumière dans le vide; μ est la masse au repos.

Pour arriver à ces formules, Lorentz a fait usage (Mémoire de 1904) de la transformation qui porte son nom. On peut penser que la démonstration

de Lorentz n'est pas à l'abri de tout reproche. En restant dans le même ordre d'idées, on peut raisonner comme il suit.

2. Poincaré, je crois, a eu l'idée de formules de la forme suivante pour les mouvements à grandes vitesses :

$$X = \frac{d}{dt}(mu), \qquad Y = \frac{d}{dt}(mv), \qquad Z = \frac{d}{dt}(mw),$$

m étant une fonction de la vitesse; cela revient à écrire, avec une dérivée géométrique,

$$(3) \qquad (F) = \frac{d}{dt} \text{ (vecteur } mV\text{)},$$

le vecteur étant porté par la tangente en M à la trajectoire et dirigé à partir de M dans le sens du mouvement; le coefficient d'inertie m est appelé *masse dynamique*. Il s'agit de déterminer la fonction m de la variable V.

3. Soit Σ un système d'axes fixes Ox, Oy, Oz; soit Σ_1 un système d'axes mobiles O_1x_1, ..., qui est animé d'un mouvement de translation rectiligne et uniforme, l'axe O_1x_1 glissant sur Ox. Si W est la vitesse de la lumière dans le vide, si U est la vitesse de translation du système Σ_1, en posant

$$\frac{U}{W} = \operatorname{th}\varphi, \qquad U = W \operatorname{th}\varphi,$$

les formules de Lorentz sont

$$x_1 = x \operatorname{ch}\varphi - Wt \operatorname{sh}\varphi, \qquad y_1 = y, \qquad z_1 = z,$$
$$t_1 = t \operatorname{ch}\varphi - \frac{x}{W}\operatorname{sh}\varphi;$$

les formules inverses sont analogues, avec $-\varphi$ au lieu de φ.

Considérons le mouvement d'un point matériel. Soit V la vitesse à la date t; soient u, v, w ses projections sur les axes. Soit V_1 la vitesse fictive, le chronomètre (ralenti et décalé) qui se trouve en M marquant la date locale t_1; soient u_1, v_1, w_1 les projections de V_1 sur les axes. Posons

$$\frac{u}{W} = \operatorname{th}\omega, \qquad \frac{u_1}{W} = \operatorname{th}\omega_1,$$
$$\frac{V}{W} = \operatorname{th}\Omega, \qquad \frac{V_1}{W} = \operatorname{th}\Omega_1.$$

On a les formules de cinématique

$$\omega_1 = \omega - \varphi \quad \text{ou} \quad \omega - \omega_1 = \varphi,$$
$$\frac{dt_1}{dt} = \frac{\operatorname{ch}\omega_1}{\operatorname{ch}\omega} = \frac{v}{v_1} = \frac{w}{w_1} = \frac{\operatorname{ch}\Omega_1}{\operatorname{ch}\Omega}.$$

4. On a en Mécanique ordinaire $v = v_1$, $w = w_1$, tandis qu'on a ici

$$\frac{v}{v_1} = \frac{w}{w_1} = \frac{dt_1}{dt}.$$

Nous assujettirons la masse dynamique m et la masse dynamique fictive m_1 à vérifier les relations

(4) $$mv = m_1 v_1, \qquad mw = m_1 w_1;$$

on devra donc avoir

$$\frac{m}{m_1} = \frac{dt}{dt_1},$$

$$\frac{m}{m_1} = \frac{\operatorname{ch}\Omega}{\operatorname{ch}\Omega_1}, \qquad \frac{m}{\operatorname{ch}\Omega} = \frac{m_1}{\operatorname{ch}\Omega_1}.$$

Nous prendrons

(5) $$m = \mu \operatorname{ch}\Omega, \qquad m_1 = \mu \operatorname{ch}\Omega_1,$$

μ étant une constante qui caractérise le point matériel (masse au repos, *masse statique*). On peut écrire

$$m = \frac{\mu}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{W^2}}}.$$

Nous avons donc

$$(F) = \frac{d}{dt} \text{ (vecteur } mV), \qquad m = \mu \operatorname{ch}\Omega.$$

ou

$$(F) = \frac{d}{dt} \text{ (vecteur } \mu \operatorname{ch}\Omega \times V),$$

ou encore

$$(F) = \frac{d}{dt} \text{ (vecteur } \mu W \operatorname{sh}\Omega).$$

Si l'on appelle *accélération totale* la quantité $\frac{(F)}{\mu}$, on a

(6) $$(\gamma) = \frac{d}{dt} \text{ (vecteur } W \operatorname{sh}\Omega);$$

j'ai donné précédemment cette formule dans le *Bulletin des Sciences mathématiques*, sans la déduire comme ici des relations (4); je l'écrirai *a priori* pour arriver (si possible) aux expressions (1) et (2) des coefficients d'inertie de Lorentz.

5. La formule (3) donne pour les projections de (F) sur la tangente en M

à la trajectoire et la normale principale

(7) $$F' = \frac{d}{dt} m V,$$

(8) $$F'' = m \frac{V^2}{\rho}.$$

La formule (8) montre que la *masse transversale* a la valeur m, et l'on a

(9) $$m'' = m = \mu \operatorname{ch} \Omega,$$

ce qui donne la formule (2) de Lorentz.

La formule (7) donne

$$F' = \mu \frac{d}{dt}(W \operatorname{sh} \Omega) = \mu W \operatorname{ch} \Omega \frac{d\Omega}{dt} = \mu W \operatorname{ch}^3 \Omega \frac{d \operatorname{th} \Omega}{dt} = \mu \operatorname{ch}^3 \Omega \frac{dV}{dt};$$

on a donc pour la *masse longitudinale*

(10) $$m' = \mu \operatorname{ch}^3 \Omega,$$

ce qui donne la formule (1) de Lorentz.

Il se trouve que les expressions données par Lorentz pour les deux coefficients d'inertie m' et m'' peuvent être obtenues à partir d'une formule de la forme (3), où figure un seul coefficient d'inertie m. Avec $m' = \varphi(V)$, $m'' = \psi(V)$, on doit avoir pour cela

$$\frac{d\psi}{\varphi - \psi} = \frac{dV}{V}.$$

ASTRONOMIE. — *Les petites planètes de la famille de Saturne.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

La découverte d'une petite planète dont l'aphélie est à la distance de Saturne ([1]) apporte une confirmation précieuse à la Cosmogonie dualiste et tourbillonnaire qui avait prévu, il y a plus de dix ans, que chaque grosse planète doit être accompagnée d'une famille de petites planètes. L'aphélie d'un astre qui approche de l'écliptique après en avoir été très loin est la position par laquelle il entre dans son orbite autour du Soleil : et parmi toutes les positions possibles de l'aphélie, celle où elle se trouve à la distance maxima de l'écliptique est la position cosmogonique intéressante.

([1]) Gonnessiat, *Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 895.

C'est ce qui m'avait conduit, en 1908 [1], à dresser la carte des aphélies des petites planètes sur un plan perpendiculaire à l'écliptique contenant la direction de l'apex, trajectoire du protosoleil dans la nébuleuse. La théorie m'avait montré que, dans ce plan, les nappes planétaires émises par la pulsation du protosoleil s'étaient enroulées en noyaux tourbillonnaires dont les axes étaient les tangentes aux méridiennes des nappes, tangentes qui y convergeaient en un même point (loi des inclinaisons des axes planétaires). Sur la carte des aphélies, je découvrais l'existence de la famille des petites planètes de Mars composée d'Éros, Adalberta et de Hungaria, jalonnant l'axe de Mars, c'est-à-dire son sillage dans la nébuleuse. De même les petites planètes de la famille de Jupiter jalonnent son axe quand on les projette sur la même carte en distance moyenne en raison de leurs excentricités accidentelles.

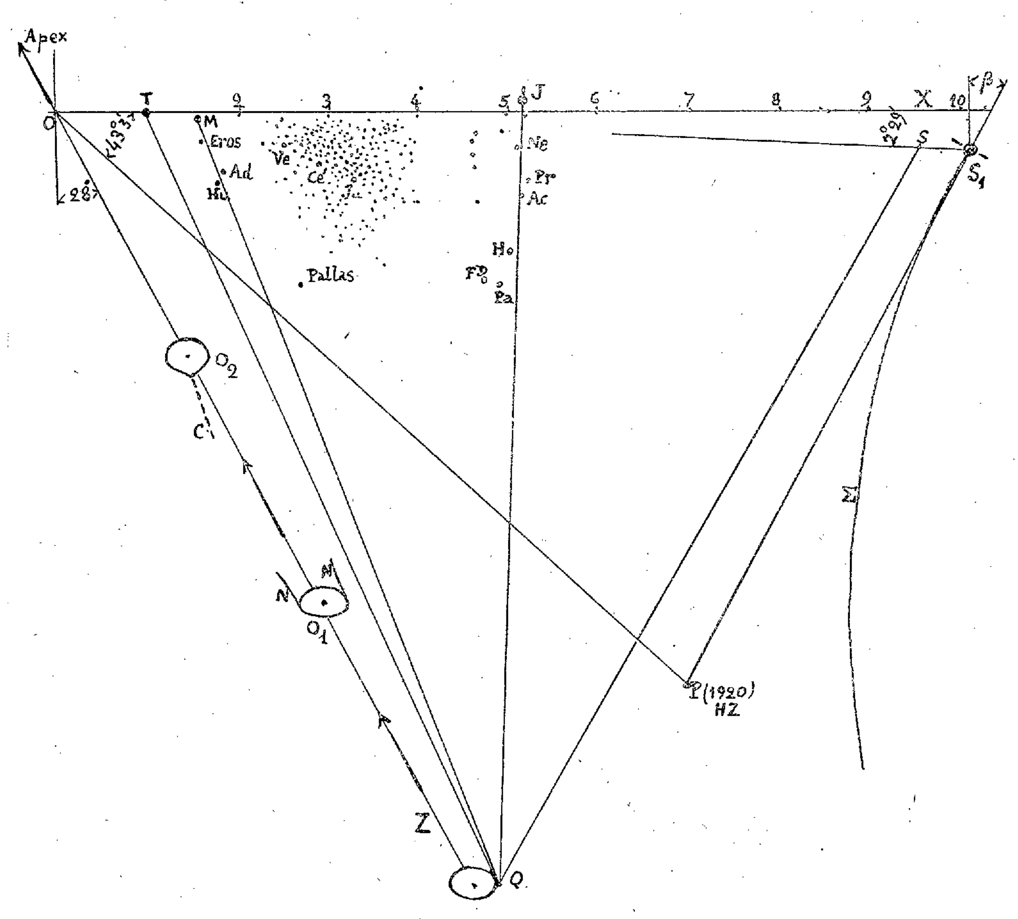
Dans mon *Essai de Cosmogonie* de 1911, j'affirmais, en partant de la théorie des masses que, « quelle que soit la distance au centre, *chaque grosse planète* sera suivie par une traînée de petites planètes dans la direction du profil de sa nappe ». J'ajoutais (p. 259) que ces traînées étaient les queues des grosses planètes telles que les avait prévues l'intuition géniale de Descartes disant : « On peut poser la question de savoir pourquoi les étoiles et les planètes n'ont pas de queues comme les comètes. » Or il se trouve que, d'après la Cosmogonie dualiste, les filets de matière cométaire sont précisément les queues des Soleils émises par leur pulsation.

Enfin dans ma *classification dichotomique de tous les astres produits par choc cosmique* [2] j'indiquais que les comètes et les petites planètes avaient une double origine suivant qu'elles résultaient de la pulsation équatoriale ($P_e C_e$) ou de la pulsation polaire ($P_p C_p$). Les petites planètes P_e sont celles qui au nombre d'un millier tiennent la place d'une grosse planète en deçà et au delà de la distance 2,75. D'ailleurs en raison de la pression de la nébuleuse sur les pôles nord du protosoleil et des planètes, ce sont seulement les pôles sud par où périodiquement s'échappera par pulsation la matière du protosoleil (comètes) ou des planètes (petites planètes) en sorte que les comètes et petites planètes dues à la pulsation polaire seront à l'origine dans le sillage des astres générateurs à travers la nébuleuse, comme on le voit sur la carte ci-contre.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 1460.
(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 658.

Montrons maintenant que la petite planète P (1920 HZ) (distance aphélie 9,436, $i = 43°3'52''$) appartient bien à la famille de Saturne. Ce qui caractérise une petite planète d'une famille planétaire, c'est qu'en



joignant sa position P sur la carte précitée à celle de l'aphélie S_1 de la grosse planète, la ligne PS_1 diffère peu de la direction de l'axe planétaire, faisant un angle β avec l'axe de l'écliptique. Dans le triangle POS_1, si l'on désigne par y l'angle en S_1, on a :

$$\frac{9,555 \times 1,046}{9,436} = \frac{\sin(y + 43°3'52'' - 2°29'40'')}{\sin y},$$

$$\cot y = \operatorname{tang}(\beta - 2°29'40'');$$

d'où

$$\beta = 27°53'.$$

Or on sait que pour Saturne $\beta = 28°$. La petite planète nouvelle est donc

bien de la famille de Saturne et l'on peut conclure aussi que les petites planètes de la même famille seront peu distantes de la ligne PS_1.

Sur la même carte on a figuré la méridienne $\Sigma[z = 9,90\,L(x - 0,29)]$ de la nappe de Saturne et la convergence au point Q des axes planétaires de la Terre, de Mars, de Jupiter et de Saturne (loi des inclinaisons d'axe). On y voit aussi en O_1 le noyau du protosoleil au moment où le renflement équatorial de rayon 0,29 lui fait émettre une nappe planétaire N, et en O_2 ce même noyau après une demi-période de pulsation renflé au pôle Sud et émettant un filet de matière cométaire C. L'émission des petites planètes P_p d'une famille planétaire et celle des comètes ayant lieu par les pôles des astres générateurs, on comprend que les excentricités et inclinaisons d'orbite des comètes et petites planètes de la catégorie P_p C_p puissent être très grandes et leur fasse balayer des régions de l'espace interplanétaire très distantes de l'écliptique comme cela a lieu pour la petite planète dont M. Gonnessiat vient de calculer l'orbite.

En résumé, on voit que l'architecture du système solaire semble bien obéir aux lois géométriques déduites par la Cosmogonie dualiste de la théorie des chocs cosmiques. Déjà dans le domaine sidéral elle avait prévu, en 1909, que dans les nébuleuses spirales le sens où les rayons vecteurs des spires augmentent est celui de la rotation, et non le sens inverse qu'admettaient beaucoup d'astronomes : et cette prévision a été confirmée en 1916 par les mesures de M. Van Maanen sur la spirale M. 101.

ASTRONOMIE. — *Sur une étoile peut-être apparue au ciel depuis* 1892. Note de Mrs. **Isaac Roberts**, présentée par M. B. Baillaud.

En identifiant, sur quatre clichés Isaac Roberts, pris respectivement les 11 octobre 1887, 24 décembre 1891, 27 décembre 1891 et 18 octobre 1892 (le cliché de 1892 est reproduit à la planche 49 du Volume 1 de l'Ouvrage du Dr Isaac Roberts intitulé : *Photographs of Stars, Star-Clusters and Nebulæ*, publié en 1893), les petites nébuleuses N. G. C. 7325, 7326, 7327, 7333, 7335, 7336, 7337, 7338, 7340, situées dans la région environnant la nébuleuse N. G. C. 7331, H. I, 53 Pégase, du type de la grande nébuleuse d'Andromède, et en comparant ces très faibles objets avec leurs images reproduites à la planche 67 du Volume 8, 1908, des *Publications of the Lick Observatory*, j'ai remarqué qu'une certaine étoile, que je désigne ici par α, de grandeur 10 environ, passant un peu avant le centre de la nébu-

leuse H. I, 53 et un peu plus au Nord que celui-ci, se trouve sur la belle héliogravure 67, Volume 8 de l'Observatoire Lick, ainsi que sur la figure 6, planche 11 du Volume 14 (n° 1, juillet 1901) de l'*Astrophysical Journal*, tandis qu'elle ne se trouve sur *aucun* des quatre clichés Isaac Roberts mentionnés ci-dessus et dont les durées de la pose étaient de 43 minutes (11 octobre 1887), de 1 heure 33 minutes (24 décembre 1891), de 2 heures 20 minutes (27 décembre 1891), et de 3 henres 39 minutes (18 octobre 1892).

L'étoile α, à une seconde près environ, a la même ascension droite que l'étoile que je désigne ici par β, de grandeur 10-11 environ, et dont j'ai déterminé sur le cliché Isaac Roberts du 18 octobre 1892, les coordonnées approchées par rapport à la nébuleuse H. I, 53 Pégase,

$$\Delta\alpha = -16^s, \qquad \Delta\text{D polaire} = 2',9,$$

les coordonnées de la nébuleuse H. I, 53, d'après le N. G. C, sont pour 1860 (Dreyer Cat.)

$$\alpha = 22^h 30^m 40^s, \qquad \text{D polaire} = 56^\circ 18',5.$$

L'étoile β se trouve sur chacun des quatre clichés Isaac Roberts ainsi que sur les planches 67, *Lick*, 8, et 2, figure 6, vol. 14, *Astrophysical Journal*.

L'étoile α passe environ une seconde avant l'étoile β et elle est plus au Sud de 2 minutes d'arc que β.

Ces deux étoiles α et β, sur la planche 67, sont les plus brillantes dans le voisinage immédiat de la nébuleuse H. I, 53.

Les dates de l'exécution des clichés reproduits à la planche 67, *Lick*, 1908, et à la planche 2, figure 6, *Astrophysical Journal*, 1901, ne sont pas données, mais, à moins que ces deux planches soient des reproductions d'un même cliché et que α, qui a cependant toutes les apparences d'une étoile, soit fausse, il a apparu dans la constellation de Pégase, dans le voisinage apparent de la nébuleuse H. I, 53, une étoile entre 1892 et 1901.

Mention de la nébuleuse H. I, 53 est faite :

Dans les *Monthly Notices*, vol. 60, p. 128, décembre 1899, dans un article intitulé : *New Nebulæ discovered photographically with the Crossley Reflecteur of the Lick Observatory*, par James E. Keelerp, D^r S^c;

Dans les *Monthly Notices*, vol. 72, mai 1912, p. 555, dans un article intitulé : *Preliminary observations of Spiral Nebulae in polarised Light*, par J.-H. Reynolds;

Dans l'*Astrophysical Journal*, vol. 37, 1913, p. 200, dans un article intitulé : *The spectra of Spiral Nebulæ and Globular Star-Clusters*, par E.-A. Fâth;

Dans les *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, vol. 169,

juin 1917, p. 146, dans un article intitulé : *A Study of Absorption effects in the Spiral Nebulæ*, par Heber D. Curtis.

Nulle part l'apparition de l'étoile α n'a été signalée.

Une courte description de la nébuleuse H. I, 53 se trouve à la page 123, vol. 1 du Dr Isaac Roberts, accompagnant la planche 49 intitulée *Nebula* H. I, 53 *Pegasi*.

De quelle grandeur est actuellement l'objet en question? Est-ce une fausse image? Est-ce une étoile variable? Est-ce une ancienne nova?

Le ciel est actuellement favorable à l'observation de cet objet, et il existe sans doute d'autres clichés pour élucider cette question.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le temps dans la Mécanique classique et dans la théorie de la relativité.* Note (¹) de M. **J. Le Roux**, présentée par M. G. Kœnigs.

Les résultats les plus contestables de la théorie de la relativité se déduisent, pour la plupart, de la définition de l'isochronisme, d'après Einstein. On est ainsi conduit à la notion d'un certain paramètre t qui diffère en réalité du temps vulgaire. On n'a pas le droit d'appliquer à l'un ce qui se rapporte à l'autre.

Les mots n'ont par eux-mêmes aucun sens transmissible, et le seul moyen que nous ayons pour reconnaître si deux personnes attachent la même signification aux termes du langage, c'est de remonter à l'expérience commune et d'examiner si les mêmes mots sont appliqués aux mêmes faits observables.

Dans la théorie d'Einstein, deux observateurs différents sont censés posséder chacun un chronomètre idéal auquel ils comparent les mouvements qui s'effectuent dans leur voisinage immédiat.

Dans la notion ordinaire du temps, les chronomètres ne sont que des instruments auxiliaires de comparaison; ils sont réglés par les observations astronomiques du mouvement diurne. L'emploi d'un chronomètre revient en réalité à choisir un *mouvement type* auquel on compare les autres. Mais tandis que chez Einstein le mouvement type diffère d'un observateur à un autre, dans la notion ordinaire du temps, le mouvement type est le même pour tous les observateurs. Il y a donc là une différence très nette.

(¹) Séance du 21 novembre 1921.

Mais il ne suffit pas de constater la différence. Il paraît utile de montrer qu'un paramètre analogue au pseudo-temps d'Einstein, soumis aux mêmes formules de transformation, intervient dans tous les phénomènes de propagation par ondes dans un milieu isotrope, quelles que soient la nature du phénomène et la constitution du milieu.

Je pars de l'équation aux dérivées partielles de la propagation des ondes dans un milieu isotrope

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 V}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 V}{\partial z^2}-\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 V}{\partial t^2}=0.$$

Cette équation admet des intégrales à pôle mobile que l'on peut calculer facilement dans le cas simple où le mouvement du pôle est rectiligne et uniforme. Supposons que le pôle se déplace le long de l'axe Ox avec la vitesse v. Une translation des axes définie par la formule $x=x_1+vt$ ramène le problème à la recherche des intégrales à pôle fixe de l'équation transformée

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x_1^2}+\frac{\partial^2 V}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 V}{\partial z^2}-\frac{1}{c^2}\left(\frac{\partial^2 V}{\partial t^2}-2v\frac{\partial^2 V}{\partial x_1\,\partial t}+v^2\frac{\partial^2 V}{\partial x_1^2}\right)=0.$$

On fait disparaître le terme $\frac{\partial^2 V}{\partial x_1\,\partial t}$ par une nouvelle transformation. Si l'on a $\frac{v^2}{c^2}<1$, on posera

$$\beta=\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}};\qquad \theta=\beta t-\frac{v x_1}{\beta c^2}=\frac{1}{\beta}\left(t-\frac{vx}{c^2}\right).$$

C'est la formule de transformation de Lorentz pour le temps local.

Il ne reste plus qu'à trouver les intégrales à pôle fixe de l'équation transformée

$$\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)\frac{\partial^2 V}{\partial x_1^2}+\frac{\partial^2 V}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 V}{\partial z^2}-\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 V}{\partial \theta^2}=0.$$

On les obtient par la méthode de Poisson. Prenant le pôle à l'origine des axes mobiles, nous posons

$$r'=\sqrt{\frac{x_1^2}{\beta^2}+y^2+z^2},\qquad c\theta=u',$$

et nous avons, en désignant par f et φ deux fonctions arbitraires

$$V=\frac{f(r'-u')+\varphi(r'+u')}{r'}.$$

Je donne au dénominateur r' le nom de *module* de l'intégrale.

Considérons le cas particulier où l'on aurait

$$t = A \sin \frac{2\pi(r' - u' + \alpha)}{\lambda}, \qquad \varphi = A \sin \frac{2\pi(r' + u' + \beta)}{\lambda},$$

A, λ, α, β étant des constantes.

L'intégrale V devient

$$V = \frac{2A}{r'} \sin \frac{2\pi\left(r' + \frac{\alpha+\beta}{2}\right)}{\lambda} \cos \frac{2\pi\left[u' + \frac{(\beta-\alpha)}{2}\right]}{\lambda}.$$

Les ellipsoïdes définis par l'égalité $r' + \frac{\alpha+\beta}{2} = \frac{n\lambda}{2}$ (n entier) sont des surfaces d'interférence.

Nous donnons, pour cette raison, le nom *d'ondes d'interférence* aux ondes ellipsoïdales $r' = \text{const.}$ Ces ellipsoïdes ont constamment pour centre le pôle mobile; ils sont de révolution autour de Ox et sont aplatis proportionnellement au facteur de contraction de Lorentz.

Les arguments caractéristiques $r' - u'$, $r' + u'$, dont dépendent les fonctions arbitraires, définissent le mouvement des ondes. Mais l'onde définie par l'équation $r' \pm u' = \text{const.}$ peut être envisagée soit dans l'hypothèse $u' = \text{const.}$, ce qui donne les ondes d'interférence définies plus haut, soit dans l'hypothèse $t = \text{const.}$, ce qui donne les ondes ordinaires, que l'on pourrait appeler *ondes de progression* pour les distinguer des premières. Les ondes de progression, rapportées aux axes fixes, tandis que les ondes d'interférence, entraînées par les axes mobiles sont des ellipsoïdes aplatis.

Dans les ondes d'interférence, la variation du module est toujours égale à celle du paramètre u'. On pourrait donc traduire assez exactement la signification physique de cette variable en lui donnant le nom de *paramètre de rayonnement*. Le paramètre de rayonnement est donc le produit du temps local de Lorentz par la vitesse de propagation de l'onde dans le milieu considéré.

Dans la direction de l'entraînement, les longueurs d'ondes d'interférence se trouvent contractées, par rapport aux longueurs d'ondes des directions équatoriales, dans le rapport de Lorentz. Mais, si l'on évalue les coordonnées en unités proportionnelles à ces longueurs d'ondes, au lieu de les rapporter à une unité rigide, il faudra remplacer le nombre x_1, qui mesure l'abscisse, par un autre nombre $x' = \frac{x_1}{\beta} = \frac{1}{\beta}(x - vt)$, ce qui complète le système des formules de Lorentz. En introduisant les paramètres de rayon-

nement et posant $\frac{v}{c}=\alpha$, $u=ct$, le système devient

$$u'=\frac{1}{\beta}(u-\alpha x),\qquad x'=\frac{1}{\beta}(x-\alpha u),\qquad y'=y,\qquad z'=z.$$

Comme notre calcul s'applique au son aussi bien qu'à la lumière, il est impossible de confondre le paramètre de rayonnement u' avec une quantité proportionnelle au temps dans le système mobile.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Analyse de la structure atomique.* Note de M. A. Dauvillier, présentée par M. E. Bouty.

I. Dans une récente Note (¹) nous avons publié, sous forme de données numériques, l'ensemble des résultats expérimentaux auxquels nous avait conduit l'analyse de la structure électronique des atomes lourds. Ces chiffres permettent de préciser, sous forme de droites de Moseley, les limites d'absorption X et ultraviolettes de ces éléments, limites que nous avions déjà signalées avec M. L. de Broglie (²). Le Tableau suivant indique ainsi :

1° Le point de rencontre de ces droites avec l'axe des nombres atomiques, c'est-à-dire le nombre p d'électrons internes par rapport au niveau considéré;

2° La pente de ces droites, c'est-à-dire aussi, d'après une formule de Bohr, le nombre n de quanta attribué à chaque niveau.

Niveau.	p.	n.	Niveau.	p.	n.	Niveau.	p.	n.
M_5	29	3,10	N_7	46	4,7	O_5	64	5,9
M_4	31	3,12	N_6	42	5,7	O_4	61	7,9
M_3	27	3,64	N_5	50	5,6	O_2	70?	8,3?
M_2	30	3,75	N_4	49	5,9	P......	87?	5?
M'_1	30	3,83	N'_3	»	»			
M_1	30	3,86	N_3	48	6,8			
N_8	42	4,9	N_2	59	6,3			
N_7	46	4,7	N_1	»	»			

On voit que le nombre apparent de quanta caractérisant chaque niveau diminue dans chaque couche électronique principale M, N, O, etc. lorsqu'on se rapproche du centre de l'atome; qu'il est d'autant plus voisin du chiffre théorique que l'effet écran électrostatique des corpuscules internes est plus petit et qu'il tend vers ce chiffre. La

(¹) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 647.
(²) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 137.

couche M est donc bien triquantique ($n_{M_5} = 3,1$); la couche N serait tétraquantique ($n_{N_8} = 4,9$); la couche O serait à 5 quanta ($n_{O_5} = 5,95$) conformément à une nouvelle hypothèse de Bohr. Enfin, en admettant que la couche P débute à l'élément 87, on la trouve au plus tétraquantique.

Si l'on considère successivement les divers niveaux, on remarque (*loc. cit.*) que leurs droites de Moseley représentatives sont alternativement divergentes et parallèles, comme l'examen des nombres n le fait ressortir. Les premiers groupes correspondent, comme on le sait, à des différences de longueurs d'ondes constantes entre lignes spectrales : ce sont les doublets *réguliers* de la théorie de Sommerfeld. Les seconds correspondent à des $\Delta\sqrt{\frac{\nu}{R}}$ constants, ν étant la fréquence et R la constante de Rydberg; ces doublets ont été nommés *irréguliers* par M. Wentzel.

Les accolades de gauche du Tableau précédent mettent en évidence les doublets réguliers que nous avons observés et les accolades de droite désignent les doublets irréguliers.

II. Nous avons montré que la disparition de certaines lignes du spectre X caractéristique, ainsi que la variation d'intensité de quelques autres, confirmaient en grande partie la théorie de structure électronique des éléments que nous avons schématisée par une Table périodique que nous reproduisons ci-dessous, légèrement modifiée par les enseignements du Tableau précédent.

Nombre d'électrons superficiels.	Couches électroniques définitives (nombre d'électrons et de quanta). $K 2_1$.	$L 8_2$.	$M 18_3$.		$N' 18_4$.		$O 18_5$.		$P 8_4$.	$Q 6_1$.
1.	1H	3Li	11Na	19K		37Rb		55Cs		87
					29Cu		47Ag		79Au	
2.		4Gl	12Mg	20Ca		38Sr		56Ba		88Ra
					30Zn		48Cd		80Hg	
3.		5B	13Al	21Sc		39Yb		57La		89Ac
					31Ga		49In		81Tl	
4.		6C	14Si	22Ti		40Zr		58Ce		90Th
					32Ge		50Sn		82Pb	
5.				23V		41Nb		(N″)73Ta		91UX2
		7N	15P		33As		51Sb		83Bi	
6.				Cr		Mo		W		U
				Mn		43		75		93
				Fe		Ru		Os		..
				Co		Rh		Ir		..
				Ni		Pd		Pt		..
		8O	16S		34Se		52Te		84Po	..
7.		9F	17Cl		35Br		53I		85	
8.	(2He)	10Ne	18A		36Kr		54X		86Em	

($N''14_4$: Pr, Nd, 61, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ct).

Or il semble que notre hypothèse *d'addition interne* des électrons dans les trois groupes Cr-Ni, Mo-Pd, W-Pt, soit, en outre, justifiée d'une tout autre manière que par l'accroissement d'intensité des lignes issues des niveaux profonds sur lesquels s'opère cette addition, à savoir par l'accroissement du *rendement* des éléments au point de vue de l'émission du spectre X continu.

Ulrey a mesuré, il y a quelques années, l'aire de ces spectres pour les six éléments énumérés ci-dessus, et a observé ce résultat demeuré inexpliqué, que l'intensité croissait rapidement dans chacun de ces groupes, alors qu'elle variait beaucoup moins vite entre chaque groupe. Nous pensons qu'il y a une relation étroite entre la Table périodique ci-contre et la loi de variation de l'intensité du spectre continu en fonction du nombre atomique; que, par exemple, dans toutes les séries telles que Li-Ne, Na-A, K-Cr, etc. Cette intensité demeure constante pour les éléments électropositifs, car les électrons additionnels sont des corpuscules de valence qui sont libres dans le réseau cristallin constituant l'anticathode. Ces paliers seraient raccordés par des *courbes croissantes* dans les trois groupes cités et dans le groupe des 14 terres rares et par des *discontinuités* pour les éléments électropositifs monovalents. L'étude spectrométrique du rayonnement indépendant des éléments offrirait donc une nouvelle méthode d'analyse de leur architecture électronique, applicable à partir du lithium.

III. Il est à remarquer, sur la Table précédente, que les analogies chimiques (rangées horizontales) dépendent non seulement du nombre des corpuscules superficiels, mais aussi de la couche électronique sous-jacente. Ainsi, à la suite de chacun des groupes Cr-Ni, Mo-Pd, W-Pt, le caractère électropositif des éléments suivants est beaucoup moins accentué qu'après la formation d'un gaz rare. L'écran électrostatique constitué par les 6 électrons sous-jacents ([1]) est en effet moins efficace que lorsqu'il est formé par 8 corpuscules. En outre, comme nous l'a fait remarquer I. Langmuir, dans les combinaisons telles que RuO^4, OsO^4, où le métal ne possède que 6 électrons superficiels, il doit mettre en jeu 2 électrons internes sous-jacents pour s'unir à l'oxygène.

La Table périodique permet de prévoir les transformations que l'on observera dans le spectre X des éléments légers : ainsi les lignes $M\alpha$, $M\beta$, $L\gamma_6$ et $L\beta'_7$ diminueront progressivement d'intensité et disparaîtront pour le cérium. De même que $(M\delta)$, β_5 et γ_2 varient d'intensité dans le groupe W-Pt, les lignes $M\gamma$, $\beta''_2 \beta'_2 \beta_2 \gamma_1 \gamma_9$ subiront des variations analogues dans le groupe Mo-Pd, ainsi que les lignes issues de $M_1 M'_1 M_2$ dans le groupe Cr-Ni. Nous poursuivons l'étude détaillée des séries L du cérium et de l'antimoine.

([1]) Les spectres de rayons X indiquent en effet que les couches de 8, 12 et 6 électrons persistent quelques temps dans l'atome avant de se réunir.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la redissolution d'un sel au cours de l'évaporation isothermique d'une solution.* Note de M. **Etienne Rengade**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Nous avons montré précédemment (¹) que, lors de l'évaporation isothermique d'une solution de composition $\alpha NO^3Am + \beta NaCl + nH^2O$ (avec $\alpha \leqq \beta$), le NaCl qui s'était d'abord accumulé dans le dépôt salin durant les premières étapes de la cristallisation diminuait progressivement durant la dernière. Il y a donc, avons-nous dit, redissolution graduelle de ce sel, voulant exprimer par là de la manière la plus simple le phénomène observé.

M. Raveau critique (²) ce terme de redissolution, qu'il prend dans le sens absolu, sous le prétexte qu'on « ne peut expliquer pourquoi les ions Na, Cl sont obligés d'entrer dans une solution dont ils doivent finalement ressortir ». D'après lui, « les ions NO^3, Am, s'unissent aux éléments de NaCl dont la quantité *diminue* ». Il resterait à déterminer à quels *éléments* de NaCl s'unissent ces ions NO^3Am : si ce sont précisément les ions Na, Cl existant dans la solution, celle-ci s'appauvrit d'autant, et comme sa composition doit rester constante, il faut bien que le NaCl déjà précipité se *redissolve effectivement*. Ou alors on admet que les ions NO^3, Am se combinent pour cristalliser sous la forme de NO^3Am *solide*, lequel aussitôt formé réagit sur NaCl déjà déposé pour donner $NO^3Na + AmCl$ également solides. Cette hypothèse n'a rien d'absurde; mais nous ne voyons pas qu'elle s'impose plus que la précédente; en particulier, on n'explique pas davantage pourquoi NO^3Am est obligé de se former pour disparaître immédiatement après. Enfin on pourrait supposer que les ions NO^3Am *dissous* réagissent sur NaCl *solide;* mais pourquoi sur celui-ci plutôt que sur les ions Na, Cl qui sont plus près d'eux dans la solution?

Au fond d'ailleurs, à notre point de vue, toutes ces hypothèses se valent, et une telle discussion est bien plutôt du domaine de la métaphysique que de la science.

M. Raveau a cependant raison sur un point : durant la quatrième étape, les tangentes aux deux branches d'hyperbole représentant sur notre diagramme l'accroissement des précipités de NO^3Na et AmCl doivent être plus inclinées sur l'axe des x que la tangente à l'hyperbole NaCl.

(¹) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 218.
(²) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 772.

En revanche nous ne nous expliquons pas les réserves formulées dans la Note de M. Raveau du 2 mai [1]. Nous maintenons entièrement notre interprétation antérieure de nos expériences à chaud.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Séparation et dosage du cuivre, du plomb, de l'antimoine et de l'étain. Analyse des métaux blancs.* Note de MM. **A. Kling** et **A. Lassieur**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente [2], nous avons décrit une méthode de séparation de l'étain et de l'antimoine, au moyen de l'acide fluorhydrique et avec l'emploi du cupferron pour doser l'étain. Le cas était purement théorique, le problème qui se pose en pratique étant celui de la séparation : cuivre-plomb-étain-antimoine. Nous avons adapté notre méthode à ce cas en la simplifiant sur certains points; le procédé décrit ci-dessous peut être considéré, selon nous, comme le plus commode et le plus exact pour réaliser la séparation des quatre métaux cités, quelles que soient leurs proportions relatives.

Mode opératoire. — L'alliage $0^{g},5$ à 1^{g} est attaqué par 10^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré, en présence de chlorate de potasse. La liqueur est étendue à environ 100^{cm^3} et neutralisée par la soude en présence de méthylorange. On observe un précipité, que l'on redissout dans 4^{g} à 5^{g} d'acide tartrique, en chauffant légèrement. La solution refroidie est transvasée dans une fiole d'Erlenmeyer que l'on a eu soin de paraffiner. On ajoute 10^{cm^3} d'acide fluorhydrique concentré, on abandonne une demi-heure. Au bout de ce temps, on introduit dans le liquide 10^{g} d'acétate de soude cristallisé, 1^{cm^3} d'acide acétique cristallisable et l'on complète à 300^{cm^3} environ avec de l'eau. Dans le cas de la présence du plomb, on observe un précipité blanc de fluorure. On ajoute peu à peu à la liqueur 20^{cm^3} de solution de sulfure de sodium à 10 pour 100, on agite et laisse reposer jusqu'à clarification du liquide. Le cuivre, le plomb, l'antimoine se trouvent précipités à l'état de sulfures. L'étain reste en solution sous forme de fluorure complexe. Le précipité des sulfures est séparé par filtration et lavé avec de l'eau chargée d'hydrogène sulfuré. Les sulfures sont épuisés par 80^{cm^3} de sulfure de sodium de densité 1,14, employés en deux ou trois fois. L'antimoine passe en solution.

Dosage de l'antimoine. — La solution du sulfosel obtenue ci-dessus est additionnée de 60^{cm^3} d'eau et de 4^{g} de cyanure de potassium. On électrolyse pendant 20 minutes avec un courant de 3 à 4 ampères. On pèse le dépôt d'antimoine.

---

(1) *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 1099, note (3).

(2) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 1112.

Dosage du cuivre et du plomb. — Les deux sulfures de cuivre et de plomb sont dissous dans 30^{cm^3} d'acide nitrique à 36° B. On complète à 100^{cm^3}-120^{cm^3} avec de l'eau et électrolyse pendant 20 minutes avec un courant de 4 à 5 ampères. On pèse le dépôt de peroxyde de plomb obtenu en anode, et celui de cuivre sur la cathode.

Dosage de l'étain. — La liqueur fluorhydrique séparée du plomb, du cuivre et de l'antimoine est additionnée de 10^g à 15^g d'acide borique. A partir de ce moment, on peut effectuer toutes les opérations dans des vases de verre non paraffinés. L'addition d'acide borique détruisant le complexe fluorhydrique amène la précipitation du sulfure d'étain, qu'on redissout en faisant bouillir la liqueur avec de l'eau oxygénée, ajoutée lorsque la plus grande partie de l'hydrogène sulfuré a été chassée par la chaleur. Le liquide étant devenu clair, on refroidit et complète à 400^{cm^3}. L'étain est dosé sur une partie aliquote : 200^{cm^3}, par exemple. A cet effet, le liquide est additionné de 10^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré et de 10^g d'oxalate d'ammoniaque, puis électrolysé avec un courant de 4 à 5 ampères, pendant 20 minutes. On pèse l'étain. Pour effectuer les électrolyses dans les conditions de rapidité indiquées, il est nécessaire d'employer un appareil d'électro-analyse rapide.

Il va sans dire qu'on peut également doser l'étain par précipitation au moyen du cupferron, comme nous l'avons déjà indiqué; pour notre compte, nous préférons le dosage électrolytique, le trouvant d'une réalisation particulièrement rapide.

Les résultats fournis par cette méthode peuvent être considérés comme théoriques.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Un réactif très sensible du cuivre : le réactif de Kastle-Meyer.* Note de MM. **Pierre Thomas** et **Georges Carpentier**, présentée par M. Roux.

La solution alcaline de phénolphtaline préconisée par Kastle, dès 1901, pour la recherche des oxydases végétales (¹), puis par Meyer pour celle du pus et du sang (²), est depuis cette époque le réactif chimique le plus employé par les cliniciens pour déceler la présence du sang. Aprement critiqué par les uns, chaudement défendu par d'autres, le réactif de Kastle-

(¹) Kastle, *American Chemical Journal*, t. 26, 1901, p. 527.

(²) Meyer, *Munchen. mediz. Wochensch.*, t. 50, 1903, p. 1492.

Meyer a fait l'objet d'un grand nombre de travaux, desquels il ressort qu'il n'est nullement spécifique du sang. En particulier, Labat (¹) a signalé que ce réactif donne une coloration rouge intense en présence de glycérine pure additionnée d'une goutte d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre à 5 pour 100. Ce savant n'a pas étudié des solutions de cuivre plus étendues.

Nous avons trouvé que le réactif de Kastle-Meyer est un réactif extrêmement sensible du cuivre : il donne, en effet, une coloration rosée encore perceptible avec une solution contenant 10^{-8} de cuivre, soit une partie pour 100 millions d'eau.

Pour obtenir cette réaction, il faut naturellement employer des précautions convenables. On ne doit se servir que d'une eau distillée dans un appareil de verre, celle que l'on obtient dans les appareils courants en cuivre renfermant toujours une petite quantité de ce métal (²); les tubes à essai et vases sont lavés aux acides, rincés à l'eau de conduite, puis à l'eau distillée pure. La solution cuprique servant aux comparaisons a été préparée avec du cuivre électrolytique très pur; enfin, tous les réactifs employés, aussi purs que possible, ont été essayés à blanc.

Des dilutions convenables étant préparées avec 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}, ... de cuivre, on a ajouté à 10^{cm^3} de chaque dilution quatre gouttes de réactif préparé à la manière ordinaire (³), puis une goutte d'eau oxygénée à 5-6 volumes.

Dans ces conditions, la solution contenant 10^{-6}, soit un millionième de cuivre, donne immédiatement une teinte rose, passant au rouge vif en quelques secondes. Avec une dilution à 10^{-7}, la teinte rose n'apparaît qu'après 15 à 20 secondes; à la limite, pour la dilution 10^{-8}, on ne l'obtient qu'au bout de plusieurs minutes et cette teinte reste très pâle, quoique nettement perceptible par comparaison avec le témoin. Les tubes témoins, contenant seulement l'eau distillée pure, n'ont pas donné trace de coloration, même après 5 à 6 heures.

(¹) LABAT, *Gazette des Sciences médicales de Bordeaux*, novembre 1908.

(²) L'eau distillée du laboratoire, à l'Institut Pasteur, contient environ 10^{-6} de cuivre.

(³) La formule du réactif est la suivante :

Phénolphtaléine	2^g
Potasse pure	20
Eau distillée	100

On fait bouillir en présence de zinc en poudre (10^g) jusqu'à décoloration complète.

Les réactions indiquées pour la recherche de traces de cuivre sont assez nombreuses, mais pour aucune la sensibilité n'atteint celle du réactif à la phénolphtaline alcaline.

Avec le ferrocyanure de potassium en milieu acide, on a encore une teinte rougeâtre avec une solution à 10^{-5}; la limite correspond à 2.10^{-6}, soit $\frac{1}{500000}$ de cuivre.

Maquenne et Demoussy (¹) ont indiqué, en 1919, que le ferrocyanure de potassium ajouté à une solution contenant 4 à 5 parties de zinc pour 1 de cuivre, donne un précipité bleu clair qui peut être rassemblé par centrifugation et comparé à un type connu. D'après eux, cette réaction est encore perceptible, dans les meilleures conditions, avec 10^{-6} de cuivre.

Harold-C. Bradley (²) a proposé d'employer l'hématoxyline, qui donne une coloration bleue avec les sels de cuivre; la sensibilité atteindrait, d'après lui, 10^{-9}. D'après nos essais, elle ne dépasse pas 10^{-7}. Quoique plus sensible que les précédentes, cette réaction ne nous paraît pas très recommandable; elle n'est pas très fidèle en raison des différences que présentent les divers échantillons d'hématoxyline et la teinte est très fortement modifiée par de petites variations de la réaction du milieu.

Infiniment préférable est la réaction proposée par Bach (³) en 1899 et reposant sur l'emploi de la formaldoxime. Ce réactif donne en milieu nettement alcalin une coloration violacée en présence de traces de cuivre. Ainsi que nous avons pu le constater, une dilution à 4.10^{-7} donne encore une teinte très nette; la limite extrême est environ 3.10^{-7}, c'est-à-dire $\frac{1}{3330000}$ de cuivre. Le seul reproche que l'on puisse faire à ce procédé est que la teinte se modifie et s'affaiblit lorsqu'on emploie une quantité trop grande de formaldoxime : il faut, en effet, n'utiliser que la plus faible quantité nécessaire de ce produit. Les échecs subis par certains expérimentateurs avec cette méthode n'ont probablement pas d'autre cause.

Comme on le voit, le réactif de Kastle-Meyer permet de reculer notablement la limite à laquelle le cuivre cesse d'être décelable par les réactifs. Nous n'avons pas trouvé jusqu'à présent de métal qui puisse produire le même effet que le cuivre *dans une solution purement minérale*. Nous nous réservons d'indiquer ultérieurement la manière d'agir du fer en présence de la phénolphtaline alcaline.

Sans préjuger pour le moment du mode d'action des combinaisons ferrifères contenues dans le sang sur le réactif de Kastle-Meyer, il nous semble qu'un grand nombre de singularités et de causes d'erreur signalées par divers auteurs dans l'emploi de ce réactif trouvent leur explication dans sa sensibilité vis-à-vis des sels de cuivre. Réactions positives en présence de bicarbonate de soude, de phosphate de soude, de sulfate de magnésie, si-

(¹) MAQUENNE et DEMOUSSY, *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 489.

(²) H.-C. BRADLEY, *Amer. Journ. Sciences*, 4ᵉ série, t. **22**, 1906, p. 326.

(³) A. BACH, *Comptes rendus*, t. **128**, 1899, p. 363.

gnalées par Sartory (¹); en présence même d'eau distillée, signalée par Labat (²); erreurs du même genre indiquées par beaucoup d'autres auteurs, tout cela peut être dû à l'ubiquité du cuivre dans les produits et l'eau employés. Nous avons nous-mêmes constaté une réaction positive des sels indiqués plus haut, non seulement avec le réactif de Kastle-Meyer, mais avec la formaldoxime, ce qui exclut une autre impureté que le cuivre. Cette réaction, nette avec de petites quantités des produits pharmaceutiques du commerce, ne se produit qu'avec des quantités plus considérables des produits dits « purs », mais n'est pas douteuse. Il n'y a pas lieu de s'en étonner, quand on sait que tant d'appareils industriels sont construits en cuivre, et que les produits « purs » sont recristallisés dans une eau distillée cuprifère.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'iodure d'azote et de l'iodure de cyanogène sur la benzamidine.* Note de M. **Paul Robin**, présentée par M. A. Haller.

Nous avons montré antérieurement (³) que la benziodamidine réagissait sur divers composés (antipyrine, vanilline, thymol) pour les transformer en dérivés de substitution iodés. Il nous a paru intéressant de rechercher si, inversement, des composés comme l'iodure d'azote et l'iodure de cyanogène n'étaient pas susceptibles de réagir sur la benzamidine pour donner de la benziodamidine.

L'action de l'iodure d'azote nous a permis d'y parvenir; avec l'iodure de cyanogène, par contre, nous n'avons obtenu qu'un composé d'addition très instable de benzamidine et d'iodure de cyanogène.

A. *Action de l'iodure d'azote.* — Nous avons préparé l'iodure d'azote en faisant réagir 4^g d'iode en solution aqueuse (I + KI) sur un excès d'ammoniaque, essorant, puis lavant le précipité formé. Ce précipité a été délayé dans 50^{cm^3} d'eau, puis nous avons ajouté $2^g,50$ de chlorhydrate de benzamidine et, après solution, 1^{cm^3} de lessive de soude.

Le précipité change assez rapidement et perd son aspect noir brillant. Au bout de 24 heures il est devenu gris terne. A ce moment on l'essore, on le lave à l'eau; on obtient ainsi $2^g,70$ de produit.

(¹) Sartory, *C. R. Société Biologie*, 1911, nombreuses Notes.

(²) Labat, *loc. cit.* Voir aussi les excellentes Revues de Labat et Sartory dans la *Biologie médicale*, novembre 1911 et avril 1912.

(³) J. Bougault et P. Robin, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 38, et t. 172, 1921, p. 452.

Ce corps est soluble dans les solvants organiques. On le fait cristalliser dans le benzène qui l'abandonne sous la forme de belles paillettes jaunes fondant à 116°-117°, point de fusion qui n'est pas abaissé par mélange avec de la benziodamidine. Le dosage de l'iode donne 51,65 pour 100 (benziodamidine : I pour 100, 51,6). L'identification des deux composés est donc certaine.

B. *Action de l'iodure de cyanogène.* — L'iodure de cyanogène n'a pas été isolé de la solution dans laquelle il a été préparé. On fait dissoudre 1^g de cyanure de potassium dans 50$^{cm^3}$ d'eau, puis 2^g,50 d'iode. Quand celui-ci a totalement disparu on ajoute 1^g,50 de chlorhydrate de benzamidine dissous, puis goutte à goutte de la lessive de soude. Il se produit un précipité qui se redissout d'abord, puis devient permanent. On arrête l'addition de lessive alcaline quand le précipité n'augmente plus. On essore, on lave avec un peu d'eau, puis on sèche à l'air.

Le produit ainsi obtenu se présente sous forme de fines aiguilles blanches émettant une forte odeur d'iodure de cyanogène. Il fond vers 72° en donnant un liquide incolore se décomposant au bout de quelques instants avec un léger dégagement gazeux et formation d'une huile brune.

Il est peu soluble dans le benzène, très soluble dans l'éther, mais ces solvants l'abandonnent plus ou moins altéré, si bien qu'on ne peut le purifier par cristallisation.

Ce composé est très peu stable. Dans le vide sulfurique il se décompose en quelques heures. Conservé à l'air, son altération commence à être notable au bout de quelques jours.

Comme l'iodure de cyanogène dont il dérive, il renferme son iode à l'état hypoiodeux : traité par l'iodure de potassium en présence d'acide chlorhydrique, il dégage 93,3 pour 100 d'iode, ce qui donne pour l'iode hypoiodeux 46,6 pour 100. Le titrage de l'iode par le nitrate d'argent aprés réduction par le bisulfite donne 46,2 pour 100 d'iode. (La théorie pour $C^6H^5CN^2H^3.CNI$ demande 46,5 pour 100.)

Enfin nous avons caractérisé, dans les eaux mères des dosages, la benzamidine par sa transformation en benziodamidine et l'ion cyanhydrique par formation de bleu de Prusse.

Nous nous trouvons donc bien en présence d'un composé d'addition de benzamidine et d'iodure de cyanogène.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur une méthode de fractionnement des mélanges liquides et son application à la préparation d'un carburant national.* Note de M. Ch. Mariller, présentée par M. Lindet.

La rectification des vapeurs provenant des mélanges liquides est effectuée actuellement par leur barbotage dans un liquide résultant de la condensation d'une partie de ces vapeurs. Ainsi la concentration de l'alcool est obtenue industriellement dans des colonnes de rectification, formées d'organes de barbotage superposés, dits *plateaux*, qui reçoivent à leur base la vapeur alcoolique à concentrer et à leur sommet un liquide provenant de la condensation partielle de ces vapeurs dans des condenseurs placés à un étage supérieur. L'alcool à haut degré absorbe en parcourant les plateaux une fraction de l'eau contenue dans les vapeurs et provoque leur enrichissement méthodique.

Dans toutes les opérations de ce genre, l'absorption se fait par solubilité des constituants à l'état gazeux dans les liquides en contact, et l'équilibre qui intervient, réglé par la loi des phases, est étroitement solidaire de la nature des corps en présence, de la température, des tensions des vapeurs, de tous les facteurs bien connus qui influent sur le phénomène de dissolution. Cette méthode entraîne une grosse dépense de combustible; car il se conçoit *a priori* que, le meilleur dissolvant d'un produit vaporisé étant ce produit lui-même, à l'état liquide, il soit nécessaire pour retenir un constituant n'existant dans le mélange qu'en faible proportion, de dissoudre des quantités considérables de vapeur. Il en résulte la nécessité de régénérer une masse importante du dissolvant et, par conséquent, une dépense exagérée de calories. Dans les rectificateurs d'alcool, par exemple, pour chaque kilogramme d'alcool rectifié, il faut employer de 6^{kg} à 7^{kg} de dissolvant, en l'espèce d'alcool, ce qui conduit, pour les appareils les plus perfectionnés, à une dépense d'environ 2^{kg} de vapeur par kilogramme d'alcool.

Nous avons remarqué qu'il était possible d'améliorer considérablement les conditions du fractionnement, en soumettant les vapeurs mixtes à l'action d'un ou plusieurs liquides absorbants successifs d'une nature chimique appropriée aux corps à dissoudre. La température de l'absorbant doit être dans chaque cas réglée en vue d'obtenir le maximum d'efficacité. Le dissolvant choisi peut être un corps formant une combinaison entièrement dissociable à une température plus élevée ou un simple dissolvant. Il suffit

ensuite de distiller l'absorbant pour le récupérer et en extraire le corps dissous.

La méthode par absorption peut être également appliquée sur le liquide lui-même à fractionner et nous avons, en poursuivant l'étude de cette question, trouvé en particulier un moyen de dissoudre l'alcool dans l'essence en toute proportion, problème qui présente un gros intérêt pour la préparation du carburant national.

Le carburant national ne devrait contenir que des composés combustibles produits sur notre sol. Mais à l'heure actuelle notre production est trop réduite pour permettre cette solution et en attendant qu'une meilleure exploitation de nos ressources et le développement de la culture des matières alcoolisables améliorent notre situation, nous disposons d'alcool représentant 10 pour 100 et de benzol représentant 5 pour 100 de nos besoins. C'est pourquoi les efforts actuels tendent à incorporer ces proportions d'alcool et de benzol dans l'essence pour établir un carburant utilisant dès maintenant tous les combustibles liquides nationaux. Mais l'alcool même à 96°-97° G. L., degré maximum de concentration que permettent d'atteindre les appareils de distillation, est très peu soluble dans l'essence. Pour en assurer la solubilité, des efforts ont été tentés dans le sens d'une addition de solvants établissant une miscibilité parfaite et dans le sens de la déshydratation de l'alcool. Les solvants présentent tous des inconvénients sérieux et, quant à la déshydratation de l'alcool, elle s'effectue par des procédés chimiques industriellement coûteux.

La méthode décrite ci-après assure le mélange de l'essence et de l'alcool sans solvant, par une déshydratation physique de l'alcool. En mélangeant de l'alcool à haut degré (par exemple 95° G. L.) avec un carbure d'hydrogène, il est connu que l'on obtient, après repos, deux couches superposées. Un tel mélange est soumis aux lois des phases; il y a solubilité partielle des composants entre eux et il se produit un fractionnement de l'alcool mis en œuvre. Le coefficient de partage de l'alcool entre les deux couches varie avec la température, mais dans tous les cas il s'effectue une déshydratation de l'alcool au delà de la limite que ne peut dépasser la rectification.

Il suffit, par exemple, de mélanger, à 15°C., 80^{vol} d'essence de pétrole de densité 0,730 et 20^{vol} d'alcool à 95° G. L., pour obtenir par décantation après repos $85^{vol},5$ d'un liquide contenant environ 10 pour 100 d'alcool. En faisant varier les volumes, la méthode permet d'établir des mélanges à toutes richesses en alcool. Il est nécessaire de redistiller la couche inférieure pour régénérer l'essence et l'alcool; mais cette distillation est

très peu onéreuse, puisqu'il s'agit de ne remonter l'alcool que de quelques degrés.

En ajoutant à l'essence alcoolisée les divers produits nationaux disponibles, benzol, méthylène, éther, etc., on obtient à très bon compte un carburant parfait.

Le mélange doit être effectué à une température calculée dans chaque cas suivant la composition du carburant pour que le produit final reste stable à la plus basse température que l'on puisse envisager, pour son utilisation dans les moteurs. La réfrigération du mélange ne détermine industriellement qu'une dépense tout à fait insignifiante ; car il est facile, par l'emploi d'un récupérateur, de céder au liquide à refroidir la presque totalité des frigories du mélange sortant de l'appareil.

L'addition d'un solvant à très petite dose peut être envisagée pour augmenter la stabilité du carburant à basse température et éviter une séparation en deux couches, dans le cas d'un apport d'eau accidentel. L'éther agit en ce sens très efficacement et il a été constaté, par exemple, que dans un mélange établi par la méthode indiquée et comprenant :

	Pour 100 en volume.
Essence de pétrole ($D = 0,730$)	84,5
Alcool	10
Benzol à 90°	5
Méthylène	0,5

L'addition de 1 pour 100 d'éther abaisse le point de trouble de 5° C. environ.

MINÉRALOGIE. — *Sur la recristallisation produite par recuit.* Note de M. **Paul Gaubert**.

Pour expliquer la recristallisation des métaux sous l'influence du recuit, plusieurs hypothèses, basées sur des principes particuliers à chaque cas considéré, ont été émises. Ainsi, pour les métaux purs, les physiciens admettent que la tension de vapeur des petits cristaux est plus élevée que celle des gros et que, par conséquent, ces derniers peuvent s'accroître aux dépens des premiers qui finissent par disparaître. Dans d'autres cas, on a supposé (A. Ewing et W. Rosenhain) que le mélange eutectique où des impuretés, formant de minces feuillets entre les cristaux, entrent en fusion,

dissolvent les petits cristaux dont la matière est déposée peu à peu sur les plus gros comme dans les solutions solides, soumises à des oscillations de température. D'autre part, plusieurs recherches, et en particulier celles d'Ewing et Rosenhain, de Portevin, de Robin, etc., montrent que ce sont surtout les métaux préalablement écrouis qui peuvent recristalliser.

Le phénomène de la recristallisation étant très difficile à suivre avec les métaux, je me suis adressé à des substances organiques, dont les moindres variations des propriétés et des dimensions des cristaux peuvent être observées à l'aide du microscope polarisant.

Pour examiner l'influence de l'inégalité de tension de vapeur des gros et des petits cristaux sur la cristallisation, j'ai pris la vanilline, substance bien connue pour la facilité avec laquelle elle se sublime.

Cristallisant par solidification d'une masse fondue, elle peut donner quatre formes cristallines dont une, stable au voisinage du point de fusion, est considérée dans ce travail. Obtenue sur une lame de verre recouverte d'un couvre-objet, elle se présente en sphérolites dont les fibres excessivement fines possèdent l'enroulement hélicoïdal. Les fibres d'une préparation, chauffée pendant plus de 12 heures, un peu au-dessous du point de fusion (75°), ne subissent aucune modification cristalline. Cependant, là où apparaissent des vides dus à des bulles ou à l'intersection de plusieurs sphérolites, il se produit des cristaux très nets ayant l'orientation des fibres avec lesquelles elles sont en contact. En outre ces dernières sont modifiées et transformées en très petits cristaux de même orientation qu'elles, sur une longueur atteignant parfois 1^{mm}.

Par conséquent, on a ici un exemple de la transformation, due à la sublimation, d'une substance fibreuse en une masse cristalline. Mais il est à remarquer que la tension de vapeur des cristaux de vanilline est infiniment plus grande que celle des métaux usuels et qu'en outre il faudrait, pour que la recristallisation complète se produise, de nombreux vides qui ne peuvent exister dans les métaux industriels. Ce mode de recristallisation ne peut donc se produire dans ces derniers, ce qui est confirmé par le fait que les fibres d'autres substances organiques ne se sublimant pas, ne présentent aucune modification, même autour des vides, lorsqu'on les soumet à un recuit de plusieurs jours.

Pour étudier l'action du recuit sur des masses écrouies, je me suis adressé à des substances donnant des cristaux malléables, au moins au voisinage du point de fusion, comme la paraffine, la cétine, la cire des abeilles.

Les cristaux de paraffine, au voisinage de leur point de fusion, sont assez mous pour qu'ils puissent donner de plus gros cristaux en se fusionnant (¹) comme les cristaux d'oléate d'ammonium, mais à 10° au-dessous de leur point de fusion ce phénomène ne se réalise pas.

De petites masses de paraffine, de cétine, écrasées entre deux lames de verre, jusqu'à ce que les cristaux qui les constituent soient complètement déformés, ce qui se manifeste en lumière polarisée parallèle par des extinctions roulantes, la biréfringence anomale des éléments cristallins, etc., sont portées pendant plusieurs jours à la température de 37° environ. La préparation change peu à peu d'aspect. Finalement il s'est formé des cristaux homogènes, allongés, habituellement disposés de telle sorte que le plan des axes optiques soit parallèle à la lame de verre. Parfois il apparaît des plages peu biréfringentes, donnant en lumière convergente l'image d'un cristal optiquement positif, uniaxe ou à axes optiques très rapprochés. Cette orientation particulière des particules cristallines est due à l'action des lames de verre. Pour l'éviter, il faut employer des préparations épaisses de la substance.

Si, au lieu d'examiner une masse cristalline, on prend un gros cristal de paraffine ou de cétine (ou plutôt une lame cristalline très mince, mais pouvant avoir un demi-centimètre carré de surface) (²), le phénomène est un peu différent. Là où le cristal a été modifié, il peut se produire sous l'influence du recuit, plusieurs centres de cristallisation, de telle sorte qu'il se forme des cristaux ayant la même orientation ou une orientation particulière indépendante de celle du voisin. Le phénomène est, par conséquent, identique à celui de certaines transformations polymorphiques lentes, fréquentes dans les corps organiques. Par conséquent un cristal écroui peut être considéré comme un cristal ou un groupe de cristaux qui, par suite des déformations subies par le réseau primitif, appartiennent à une modification polymorphique pouvant avoir des propriétés bien définies, si l'on considère un espace assez petit pour que la matière y soit homogène. Naturellement le nombre de ces modifications instables, suivant les actions mécaniques subies, est très variable et chacune d'elles doit avoir un domaine particulier de stabilité.

M. Beilby a supposé qu'un métal ductile, comme l'or, peut passer de l'état

---

(¹) P. Gaubert, *Bulletin de la Soc. fr. de Min.*, t. 33, 1910, p. 326.

(²) Les lames cristallines de cétine, probablement tricliniques, bien qu'elles soient relativement molles, donnent, sous l'influence de la pression, des bandes maclées très fines, rappelant celles des feldspaths.

cristallin à l'état amorphe sous l'influence de certaines actions mécaniques répétées (martelage, laminage, etc.), mais tous les faits que j'ai observés semblent indiquer que le réseau du cristal est déformé, mais non pas détruit; que la substance est formée par un agrégat de petits cristaux de symétrie inférieure à la symétrie cubique et que, par conséquent, elle n'est nullement amorphe.

Par conséquent il résulte, de ce qui précède, que la recristallisation n'est, en général, possible que si les cristaux sont suffisamment malléables pour que certaines actions mécaniques modifient leur réseau cristallin. Elle se produit alors comme s'il s'agissait d'une transformation polymorphique lente, avec toutefois cette différence que, dans une substance écrouie, il peut rester des parties cristallines intactes agissant comme germes pour amorcer la recristallisation.

GÉOLOGIE. — *L'architecture et les trois centres volcaniques principaux du Massif du Cantal.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Abstraction faite de ses digitations périphériques, dues à des coulées plus ou moins longues ou à des entailles dans la partie volcanique par l'érosion glaciaire et torrentielle, le Massif du Cantal présente une forme grossièrement elliptique, et non circulaire, dont le grand axe, de direction sensiblement ONO, mesure 68^{km}, et le petit, 50^{km}. Laves et projections couvrent donc une superficie d'environ 2700^{km^2}. Ce vaste édifice volcanique est assis sur un substratum archéo-granitique, houiller et oligocène, très fracturé, ayant fait l'objet d'études de Rames, Fouqué et de M. Boule. L'altitude de la base volcanique varie de 522^m, à l'Ouest (près de Pléaux); à 600^m, au Sud-Ouest (Aurillac); à 750^m, au Sud, près de Croix-de-Barrez; à 845^m, à l'Est (Saint-Flour) et s'élève à 1000^m, au Nord-Est, aux confins du Cézallier, où l'on se trouve, d'après M. Boule, sur le flanc d'un anticlinal NO, dont la clef de voûte archéenne atteint plus de 1250^m.

Dans son ensemble, le Massif est donc édifié sur un territoire dont les parties les plus basses sont oligocènes, à l'Ouest, vers l'ancien grand chenal houiller et au Sud-Ouest (Croix-de-Barrez), où il existait également une dépression oligocène ayant communiqué avec celle d'Aurillac et du chenal houiller. Des affleurements de calcaires oligocènes ont été signalés et exploités près du centre du Massif volcanique : à Laveissière (950^m) et à

Dienne, à 1100^m; tandis que le granite se montre au Falgoux à 1250^m (M. Boule) et les gneiss à Thiézac. Il est évident que les laves et les projections devaient surtout s'étaler vers les territoires oligocènes les plus effondrés (Saint-Flour, Croix-de-Barrez, Pléaux). C'est par là, en effet, qu'on observe les plus longues coulées (40^{km}) et les plateaux les plus considérables (Planèzes) tandis que les plus courtes (10^{km} à 15^{km}) ont été arrêtées par le relief archéen du Cézallier.

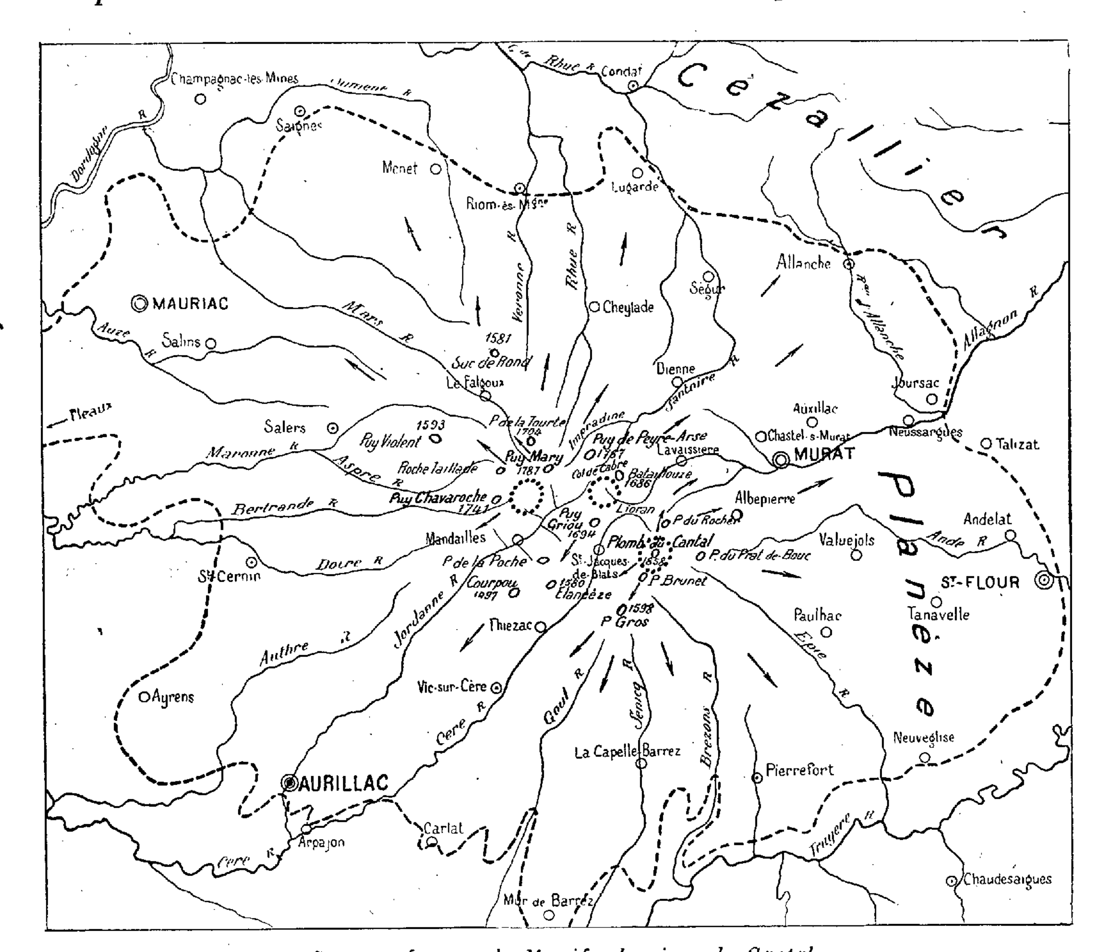
Sur *cette région fortement disloquée* par les mouvements miocènes commença à s'édifier, au Miocène supérieur, d'après les auteurs cités, une *multitude de petits volcans* qui émirent des laves variées (trachytes, dômites, phonolites, andésites, labradorites et basaltes). Mais, au début du Pliocène, l'activité volcanique s'était concentrée dans un grand et unique cratère d'où seraient sorties laves, coulées boueuses, brèches, nuées ardentes et projections. Cependant Rames avait été conduit à admettre que ce Massif avait pu posséder deux cratères : l'un situé au nord-ouest du Puy-Mary, l'autre au nord-est du Griou.

L'existence du premier *n'est pas possible*, car cet emplacement, comme je l'ai montré, est occupé par le Puy de la Tourte, constitué par dix coulées d'andésite alternant avec des projections, coulées issues du Sud-Est et plongeant vers le Nord-Ouest. Celle du second est plus rationnelle, mais ne correspond pas exactement à la réalité.

En tenant compte surtout de l'importance et de la disposition des projections, des coulées de lave profondes et superficielles de toute la partie centrale et élevée du Massif, visibles sur près de 800^m de haut et sur plusieurs kilomètres d'étendue, je crois pouvoir reconstituer, au moins partiellement, d'abord *deux centres volcaniques jumeaux*, rapprochés et indépendants d'un troisième *centre* déjà étudié : *le Plomb du Cantal*, dont la distance était à 5^{km} du second. Les *deux volcans jumeaux* se dressaient : l'un au sud du Puy-Mary et presque immédiatement à l'est de Chavaroche, dont les coulées supérieures ont une pente de plus de 45° vers l'Ouest, l'autre s'élevait à 5^{km} à l'Est-Nord-Est vers les cols de Cabre, de Rombières et Bataillouze. Il est possible qu'à certaines périodes de l'édification, il y ait eu déplacement des deux cratères, mais le centre volcanique du Plomb paraît avoir eu une grande fixité. A l'époque de sa grande magnificence, le massif volcanique du Cantal était donc couronné par *trois cratères principaux* distants de 10^{km}, s'élevant à plus de 2500^m, et fonctionnant successivement ou simultanément.

Si cet *arrangement volcanique tripartite* permettait le mélange et l'engrè-

nement des projections, il n'en était pas de même des laves auxquelles il *imposait une direction d'écoulement déterminée*. Le croquis ci-dessous laisse



Carte au 500 000e du Massif volcanique du Cantal.
Les trois cercles du centre marquent les emplacements des cônes volcaniques principaux; les flèches, les directions des coulées.

voir, en effet, qu'*il n'existe pas*, comme on l'a répété, de *disposition circulaire rayonnante* des coulées et des vallées autour d'un ou deux centres, mais que sur 10km au nord-est, au sud-ouest et au droit des trois centres, s'étendent des séries de *coulées sensiblement parallèles en direction :* d'une part, celles qui bordent et culminent les vallées parallèles de la Jordanne et de la Cère; d'autre part, celle de la Santoire et de la haute vallée de l'Alagnon. Ces quatre vallées s'opposent deux à deux par les cols de Cabre et du Lioran et partagent le Massif en *trois secteurs inégaux*, un *médian*, *étroit*, *et*

deux latéraux, chaque secteur correspondant à un volcan principal.

C'est seulement dans les deux secteurs latéraux, en forme de demi-cercles, que l'on observe *la disposition rayonnante des coulées et des vallées*. On peut traduire cet arrangement en disant que les deux volcans extrêmes, distants de 10^{km}, occupaient les deux foyers d'une ellipse, tandis que le volcan médian était situé sensiblement au centre.

Le dispositif oro-hydrographique du Massif volcanique du Cantal, fortement modelé par les glaciers et les torrents, est donc lié d'une manière étroite à l'existence des *trois volcans principaux*, qui en formaient l'ossature.

Les nombreux volcans secondaires, qui se dressèrent *successivement* sur les flancs de ce complexe volcanique, soit sous forme de *dômes*, trachytique (Menet), phonolitique (Griou, Grionnot, Puzières, etc.), ou andésitique (Puy-Mary), soit comme *volcans à cratère*, ne modifièrent pas sensiblement l'architecture de l'ensemble.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique du bord oriental du massif du Vercors.* Note de M. **Paul Corbin**, présentée par M. Émile Haug.

La bordure orientale du massif du Vercors a été, dans le voisinage de Grenoble, le siège de phénomènes tectoniques d'une grande intensité et d'une complication que montre avec évidence la topographie actuelle. Néanmoins elle n'a encore fait l'objet d'aucune étude d'ensemble réellement approfondie et documentée, mais seulement de quelques brèves observations locales. Elle figure bien sur la « Carte géologique détaillée de la France » au $\frac{1}{80\,000}$ (2e édition des feuilles de Grenoble, 1908, et de Vizille, 1913). Mais, en raison des défauts bien connus de sa base topographique, la Carte dite de l'État-Major — inexactitude et imprécision constantes du modelé en montagne, défauts encore aggravés par la faiblesse de l'échelle — la confusion extrême des tracés des contours géologiques qui en résulte ne permet de se faire aucune idée claire de la structure de cette région. J'ai donc essayé d'élucider sa tectonique, mais en employant des instruments d'étude spéciaux, savoir, tout d'abord, comme seule base topographique pour le tracé des contours, le Plan directeur du Service géographique de l'Armée au $\frac{1}{20\,000}$ et par courbes (y compris des tirages photographiques pour la partie au sud du col de l'Arc, non encore publiée), ensuite, toutes les fois que cela fut possible, et pour l'examen d'ensemble *minutieux* et *prolongé* du terrain, surtout des grandes falaises, une très forte lunette stéréos-

copique sur *trépied*, à grande clarté, avec divisions du champ en millièmes (écartement des objectifs 70^{cm}, grossissement 10, anneau oculaire $4^{mm},7$). C'est donc en somme favorisé par l'emploi de moyens nouveaux, dont on n'avait pas disposé précédemment, que j'ai pu mener à bien mon étude, et c'est ce qui explique que j'aie pu observer un certain nombre de faits nouveaux, souvent en contradiction avec les publications antérieures.

Je vais exposer sommairement l'interprétation structurale qui m'a paru le mieux en accord avec toutes mes observations, en attendant la publication prochaine d'une carte tectonique au $\frac{1}{20\,000}$, avec coupes à l'appui.

Depuis le plateau des Côtes de Sassenage, au nord, jusqu'à plus de 21^{km} au sud, dans le voisinage de Prélenfrey, la région considérée est constituée en principe par un double pli (ou par ses débris) couché vers l'ouest et formé d'un anticlinal reposant sur un synclinal, le front de l'anticlinal regardant l'ouest, la charnière synclinale l'est, double pli réduit la plupart du temps à l'état de pli-faille par étirement et laminage du flanc intermédiaire et dans lequel l'érosion a fait presque partout aussi disparaître le raccordement du flanc normal de l'anticlinal avec les plis situés en arrière à l'est. Nulle part, à l'est de la crête culminante, je n'ai trouvé trace, sur cette longue étendue, de « plis en retour », renversés à l'est, c'est-à-dire en sens inverse du plissement général. Mais j'ai observé à deux reprises des complications très intéressantes du régime général ci-dessus, que j'attribue à des exagérations brusques de la poussée, lesquelles se manifestent par l'avance et l'élévation évidentes de deux « coins de poussée » jurassiques : le rocher de Comboire (altitude 510^{m}, distance à la grande falaise urgonienne anticlinale 3600^{m}), au nord, et, plus au sud, celui de l'Épérimont (altitude 1422^{m}, distance à la même crête 2200^{m}), l'avance vers l'ouest de ces deux coins sur l'axe général des plis jurassiques (Porte de France-l'Arzelier) étant respectivement de 2200^{m} et 1800^{m}.

Le point de départ septentrional du régime est le classique pli-faille de Sassenage, comprenant une tête anticlinale refoulée sur le flanc normal du synclinal sous-jacent, lequel constitue, à l'extrême nord, le plateau des Côtes. Plus au sud, le plateau de Saint-Nizier et le plateau sous-jacent de Vouillant sont constitués par le flanc normal de l'anticlinal, qui s'enfonce à l'est sous les alluvions de l'Isère. C'est ici seulement que le pli couché est resté complet.

Aux carrières des Perrières (extrémité sud-est du plateau de Vouillant) commence l'action du coin de poussée de Comboire, qui s'est enfoncé entre la partie synclinale et la partie anticlinale, en refoulant devant lui le Ber-

riasien et les marnes valanginiennes. Au nord, la partie anticlinale s'est rompue obliquement et l'écaille résultante a été charriée par dessus le bord du flanc normal sénonien de la partie nord de l'anticlinal, resté en place. Le charriage est accompagné d'une torsion intense du front anticlinal d'Urgonien jusqu'au sommet de Moucherotte. Au sud, le coin de poussée a provoqué le décollement des couches supérieures du flanc normal du synclinal, à partir d'une flexure transversale, dont l'origine du jambage vertical s'observe un peu au sud de la cascade d'Aillères. Le coin est donc passé au-dessus de la charnière du synclinal. Mais, un peu au delà, la partie superficielle (Urgonien) de la région synclinale s'est soulevée, et le lambeau ainsi décollé a été refoulé vers l'ouest, formant le plateau du Peuil, qui se termine brusquement au nord par une falaise d'Urgonien broyé, marquant ainsi le parallèle de la cassure qui a dû limiter au nord le décollement ci-dessus; au nord de ce parallèle, toute la partie synclinale doit subsister intacte *sous* le coin de poussée et se relier à celle du plateau des Côtes.

De la flexure d'Aillères au col de l'Arc, le régime redevient celui du double pli couché : la partie synclinale prend une grande importance et se relève très fortement, en formant le plateau Saint-Ange, synclinal aplati, plongeant transversalement à l'ouest, à axe descendant vers le nord, à flanc renversé très étiré et fenêtré, et dont la charnière était très voisine et à l'est (et non à l'ouest) de la falaise actuelle d'Urgonien qui domine le vallon de Varces. Au-dessus, l'anticlinal, toujours tronqué par l'érosion, montre, sous la falaise supérieure urgonienne, des répétitions d'Hauterivien et de Valanginien, avec, au centre, les marnes valanginiennes du promontoire 1,420.

Au col de l'Arc commence l'action du coin de poussée de l'Epérimont, très différente de celle de Comboire et beaucoup plus violente. Elle débute par une cassure transversale du double pli et un léger chevauchement latéral, puis se continue par un relèvement brusque et extraordinaire de tout l'ensemble, sous lequel la masse jurassique paraît s'enfoncer. La charnière du synclinal devient énorme et à grand rayon de courbure; tout le double pli subit comme un mouvement de bascule vers l'ouest, en même temps que son axe longitudinal remonte fortement vers le sud, d'où disparition progressive, sous l'action de l'érosion, à 1^{km} au sud du col de l'Arc, de son noyau barrémien, puis, plus loin, de toute la partie anticlinale elle-même. Le synclinal restant s'aplatit alors, ses deux flancs d'Urgonien se rapprochant presque jusqu'au contact, en continuant à plonger fortement vers l'est, en sorte que, vers le col Vert, la coupe de l'Urgonien offre grossière-

ment la forme du sigme algébrique $\sqrt{}$ qui aurait basculé vers l'ouest (de gauche à droite), présentant ainsi, en avant et à l'ouest du synclinal, une sorte d'anticlinal obtus. La charnière du synclinal, devenue progressivement oblique par rapport à la direction générale des plis, remonte au sud et disparaît sur la crête vers le point 1891, en rejoignant la charnière de l'anticlinal obtus ci-dessus, dont le flanc occidental, plongeant très fortement vers l'ouest, reste dès lors seul à former la haute falaise urgonienne qui domine Prélenfrey et sous laquelle s'enfoncent les strates du Crétacé inférieur.

C'est donc ici seulement que se termine le régime du double pli couché à l'ouest, qui commence au plateau des Côtes de Sassenage à 21^{km} plus au nord.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'existence d'une nouvelle émanation radioactive dans les sources de Bagnoles-de-l'Orne et des environs.* Note (¹) de M. **P. Loisel**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. En étudiant les gaz dissous dans l'eau d'un grand nombre de sources de la région de Bagnoles-de-l'Orne, j'ai observé une courbe d'activité qui ne peut s'expliquer par la présence d'aucune émanation connue.

Cette étude a été faite avec un électroscope Danne de 15 U. E. S. de capacité. Le prélèvement des eaux étant effectué suivant une technique déjà décrite (²), les gaz dissous dans 500^{cm^3} d'eau, chassés par ébullition et recueillis sur le mercure, étaient introduits dans un condensateur Danne préalablement vidé, et l'activité suivie pendant les trois premières heures. On corrigeait l'intensité totale mesurée de l'intensité du courant de déperdition que l'on mesurait soit avant l'introduction du gaz actif dans le condensateur, soit en utilisant, pour les dernières mesures, la formule

$$I_{\text{dép}} = \frac{I_2 - 0,285\, I_m}{1 - 0,285},$$

dont j'ai donné la démonstration dans une Note antérieure (³).

On sait que l'activité produite par l'émanation du radium croît pendant les trois premières heures. Nous avons le plus souvent obtenu cette courbe

(¹) Séance du 21 novembre 1921.

(²) *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 858.

(³) *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 1484.

régulière. Dans un certain nombre de cas (Saint-Ursin, 17 septembre 1920; Bézier, 2 juillet 1921; Lignou, 13 juillet; Viel Etre, 13 juillet et 4 août;

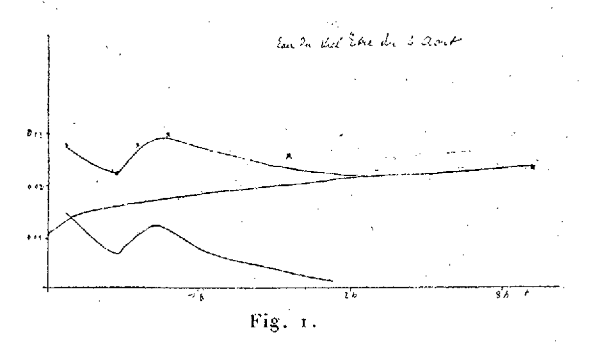


Fig. 1.

Joly, 22 juillet et 20 octobre; Grande Source, 22, 24, 29, 31 août) nous avons obtenu une courbe complexe décroissant d'abord, puis croissante, maxima aux environs de 40′ pour décroître ensuite. La désactivation du

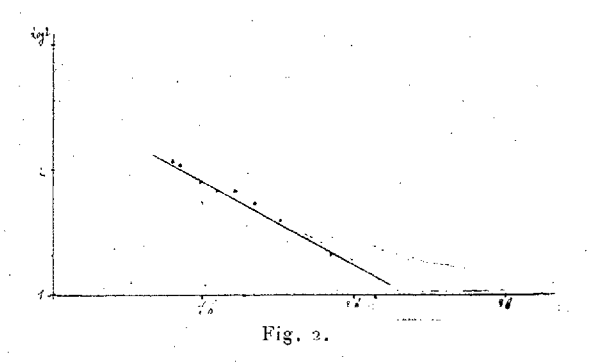


Fig. 2.

condensateur nous ayant montré qu'au bout de 3 heures l'émanation présente était celle du radium, nous avons calculé l'activité due à cette émanation et par différences, prises sur les courbes, nous en avons déduit une courbe qui, pour des temps supérieurs à 45′, décroît exponentiellement de moitié en 29′ environ (*fig.* 1 et 2).

Nous avons vérifié par de nombreuses expériences que la courbe ainsi obtenue ne pouvait être due à une erreur de technique. L'ébullition de l'eau distillée dans notre appareil ne produisait aucune activité (ce qui élimine, comme cause d'erreur, la présence d'humidité). En faisant bouillir une solution de chlorure de thorium, aucune activité (donc pas de produits de désintégration de l'émanation du thorium et *a fortiori* de l'actinium). Le calcul montre, d'autre part, que l'activité due aux produits de désintégration de l'émanation du radium introduits en surplus au cours de l'expé-

rience constitue les $\frac{2}{10000}$ de l'activité totale. D'ailleurs en intercalant entre le flacon où le gaz s'accumulait et le condensateur un filtre en coton de verre et un tube à $CaCl^2$, nous avons obtenu une courbe analogue à celle de la figure (Grande Source, 24 août).

2. En faisant bouillir la même eau à diverses reprises (Lignou, 13 juillet; Viel Etre, 13 juillet, 4 août) nous avons obtenu des courbes décroissantes, exponentielles, de période 29′, l'activité mesurée devenant de plus en plus faible à mesure que l'on s'éloignait de la date du prélèvement pour devenir nulle au bout de 20 jours, indiquant ainsi la présence du corps générateur de l'émanation dans la source.

Par précipitation de $Ba\,Cl^2$ dans nos eaux au moyen de sulfate d'ammoniaque, nous avons obtenu un précipité actif (Lignou 13 juillet, 24 juillet), et des disques préparés suivant la méthode de Mc Coy nous ont donné une courbe d'activité, irrégulière au début, puis décroissant exponentiellement de moitié en 6 jours.

3. Batelli, Occhianelli et Chella ont cru déceler dans l'eau de San Giulano une émanation de période égale à 6 jours, dont la radioactivité induite décroissait de moitié en 37′ (1). Pour étudier l'émanation, ils avaient recueilli les gaz de la source dans un gazomètre reposant sur l'eau de la source elle-même et introduisaient à chaque mesure une certaine quantité de ce gaz dans leur appareil de mesures. Ce qu'ils déterminaient en réalité, c'était la période du corps générateur dissous dans l'eau.

L'activité induite était recueillie sur un fil porté à un potentiel négatif élevé. Leurs expériences, à ce sujet, sont donc hors de discussion. Nous voyons sur mes courbes que l'activité est maximum aux environs de 30′ (valeur moyenne), ce qui implique alors un équilibre entre deux substances A et B. Admettons que la période de l'activité induite soit de 37′ (substance B), nous en déduisons pour celle de l'émanation (substance A) une valeur de 22′. Cette analyse permet d'expliquer presque toutes nos courbes.

4. Ces diverses constatations concordent à indiquer que nous nous trouvons en présence d'un nouveau corps simple radioactif auquel je proposerai de donner le nom d'*émilium*. Néanmoins il est nécessaire de procéder à une étude plus complète, les valeurs observées étant faibles (de l'ordre de grandeur du courant de déperdition). Pour vérifier les résultats précédents, il faut chercher dans les terrains, au voisinage des sources, les corps dont

(1) *Nuovo Cimento*, 1906.

dérivent les substances étudiées et les concentrer en quantité suffisante pour pouvoir déterminer les constantes de façon rigoureuse. C'est ce que je me propose de faire.

AÉROLOGIE. — *Sur la détermination graphique des vents moyens.* Note de M. L. **Dunoyer**.

Le procédé graphique qui va être décrit a été imaginé au début de 1917, quand les stations météorologiques d'Armée eurent à calculer pour l'Artillerie le vent balistique. Mais il peut s'appliquer à tous les cas où il s'agit de calculer, en grandeur et direction, le vecteur résultant de plusieurs vecteurs eux-mêmes multipliés par des facteurs connus, et où il est important d'aller vite. On peut citer, parmi ces cas, le bombardement aérien à grande altitude, lorsque le projectile doit traverser, pendant sa chute, des couches de vent de directions et d'intensités diverses. Le même problème se poserait encore pour savoir quel angle de route il faudrait donner à un avion sans pilote ou à une torpille volante, pour le faire parvenir au-dessus du but à travers plusieurs couches de vent réparties soit en altitude, soit le long du trajet de l'avion.

Supposons donc que l'on ait à composer plusieurs vecteurs $V_1, V_2, \ldots, V_n$, donnés en grandeur et direction, après les avoir multipliés respectivement par des coefficients numériques connus $a_1, a_2, \ldots, a_n$. C'est le problème du vent balistique, les vecteurs $V_1, V_2, \ldots, V_n$ étant les vents trouvés par sondages entre 0^m et 500^m, 500^m et 1000^m, etc., et les coefficients $a_1, a_2, \ldots, a_n$ des nombres connus en fonction de la flèche maxima de la trajectoire.

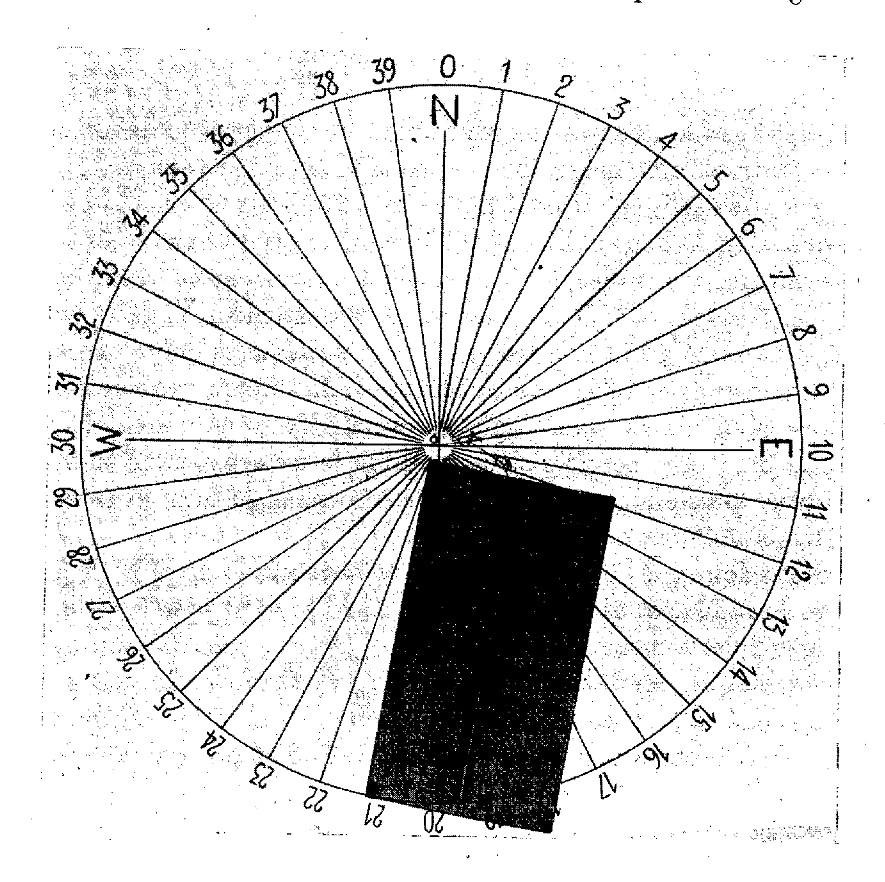
Le procédé classique, pour lequel le Service géographique de l'Armée avait dressé des Tables, consiste à décomposer les vecteurs $V_1, V_2, \ldots, V_n$ en leurs composants $X_1, Y_1, X_2, Y_2, \ldots, X_n, Y_n$, suivant les directions Nord et Est, à former les produits $a_1X_1, a_2X_2, \ldots, a_nX_n, a_1Y_1, a_2Y_2, \ldots, a_nY_n$, puis les sommes $a_1X_1 + a_2X_2 + \ldots + a_nX_n$, $a_1Y_1 + a_2Y_2 + \ldots + a_nY_n$ qui sont les composantes du vecteur résultant cherché. Sa grandeur est alors égale à

$$\sqrt{(\Sigma a_i X_i)^2 + (\Sigma a_i Y_i)^2},$$

et sa direction est donnée par

$$\text{arc tang}\,[(\Sigma a_i Y_i) : (\Sigma a_i X_i)].$$

L'ensemble de ces calculs, outre qu'ils comportent des causes d'erreurs de signe nombreuses, exige du temps, 20 minutes au moins par exemple pour le calcul du vent balistique relatif à une trajectoire ayant une flèche de 5000^m. Le procédé ci-dessous en exige cinq fois moins; il permet même de calculer le vent balistique au fur et à mesure que le sondage se déve-



loppe, de sorte que les vents réels et le vent balistique pouvaient être télégraphiés simultanément.

On emploie une rose des vents tracée sur une planchette divisée, par exemple, en décagrades (voir figure) et une plaquette de celluloïd à peu près carrée sur laquelle sont tracés des traits parallèles rapprochés. Dans la plaquette et parallèlement à ces traits, est découpée une fente assez large pour laisser passer la pointe d'un crayon. Les bords de la fente portent une graduation en parties égales. Supposons que l'on ait à calculer le vent balistique pour une flèche de 2000^m, correspondant au sondage suivant :

	Vitesse vraie V_i.	Vitesse réduite $a_i V_i$.	Direction.
	m	m	décagr
De 0 à 500...........	20	2,6	9
De 500 à 1000........	25	4,0	13
De 1000 à 1500.......	17	3,6	17
De 1500 à 2000.......	22	11,0	21

On place la pointe du crayon dans la fente au zéro de la graduation et appuyée au centre de la rose; on oriente la fente suivant la direction 9, direction du vent de 0^m à 500^m, puis, maintenant la plaquette immobile, on fait glisser la pointe du crayon jusqu'à la division 2,6, vitesse du vent réduit de 0^m à 500^m. On construit ainsi le vecteur OA_1 égal à $a_1 V_1$. On fait ensuite glisser la plaquette, en maintenant la pointe du crayon immobile au point A_1, jusqu'à ce que l'extrémité zéro de la fente vienne buter sur la pointe du crayon et l'on oriente en même temps la plaquette de manière que l'une de ses raies longitudinales devienne parallèle à la direction 13. Généralement la direction 13 dessinée sur la rose ne peut coïncider exactement avec aucun des traits longitudinaux de la plaquette; mais ces traits sont suffisamment serrés (écartement de 5^{mm} à 6^{mm} par exemple) pour qu'il soit très facile d'encadrer le rayon 13 de la rose entre deux traits consécutifs et de constater à l'œil le parallélisme entre ces traits et la direction 13 de la rose.

On maintient alors la plaquette immobile et l'on fait glisser la pointe du crayon jusqu'à la division 4. On trace ainsi le vecteur $A_1 A_2$ égal à $a_2 V_2$. Maintenant la pointe du crayon fixe au point A_2, on fait glisser la plaquette de manière à ramener le zéro de l'échelle devant la pointe du crayon, et l'on oriente en même temps la plaquette de manière que le rayon 17 de la rose, direction du vent de 1000^m à 1500^m, soit compris entre deux raies longitudinales de la plaquette et qu'il leur soit parallèle. Puis, maintenant la plaquette immobile, on fait glisser la pointe du crayon jusqu'à la division 3,6. On obtient ainsi le point A_3. Maintenant la pointe du crayon fixe en ce point, on fait glisser la plaquette de manière à ramener le zéro de l'échelle au point A_3 et on l'oriente de manière que la direction 21 de la rose soit comprise entre deux raies longitudinales. C'est dans ces conditions que la photographie reproduite ci-contre a été prise. On maintient alors immobile la plaquette et l'on marque au crayon dans la fente le point situé devant la division 11, vitesse du vent réduit de 1500^m à 2000^m. Le vecteur $A_3 A_4$ égal à $a_4 V_4$ représente ce vent. Pour avoir le vent moyen ou le vent balistique,

on laisse la pointe du crayon au point A_4 et l'on fait glisser la plaquette de manière à ramener le zéro de l'échelle au centre de la rose. La longueur OA_4, lue sur l'échelle, donne la grandeur du vent balistique, dont la direction est donnée par le décagrade le plus près de la fente. Dans l'exemple cité, sa vitesse est $16^m,6$ et sa direction 18 décagrades.

MÉTÉOROLOGIE. — *Relations entre la direction des cirrus à Paris et la situation barométrique en Europe.* Note de MM. **L. Besson** et **H. Dutheil**, présentée par M. Bigourdan.

Clement Ley, Hildebrandsson et d'autres après eux, ont cherché quelle est la direction moyenne du mouvement des cirrus autour des minima et maxima barométriques. Nous nous sommes posé le problème inverse : Étant donnée la direction des cirrus (à Paris), quelle est la situation barométrique moyenne dans la région environnante (en Europe).

Nous avons utilisé 10 années d'observations des nuages faites par nous à Montsouris, de 1898 à 1907, à quoi nous avons ajouté les 6 années suivantes pour les directions d'entre N et S, qui sont rares. Divisant l'année en deux semestres et répartissant les journées en deux catégories, suivant que la pression au niveau de la mer, à 7^h du matin, à Paris, était supérieure ou inférieure à 760^{mm}, nous avons distingué 16 directions de cirrus et, pour chacune d'elles, nous avons construit d'après les données du *Bulletin météorologique international* : 1° la carte isobarique moyenne à 7^h-8^h du matin (pour l'ensemble de toutes les journées où la direction moyenne des cirrus avait été la même; 2° la carte des variations barométriques depuis la veille à la même heure; 3° la carte des variations barométriques depuis le jour des cirrus au lendemain à la même heure.

Nous ne pouvons donner ici qu'un résumé succinct des résultats de l'examen de ces quelque 200 cartes moyennes, très instructives.

Cartes isobariques. — 1° *Pression supérieure à* 760^{mm}. — Pour les directions de cirrus de WNW à NE, Paris est près de la pointe orientale d'un anticyclone se continuant sur l'Atlantique, et dont le déplacement et la déformation sont lents de l'une à l'autre. Pour les directions d'ENE à SSE, l'anticyclone, détaché à l'Ouest, a son centre au Nord ou au NE. Par cirrus de S à SW ou WSW, Paris est sur le versant regardant l'ouest d'un col qui est mieux dessiné en été qu'en hiver. Par cirrus de l'W, anticyclone dont le centre est légèrement au sud de Paris en été, sur la Bavière en hiver. Saut brusque quand on passe des cirrus d'W à ceux d'WNW.

RELATIONS ENTRE LA DIRECTION DES CIRRUS A PARIS ET LA SITUATION BAROMÉTRIQUE EN EUROPE.

	Pression supérieure à 760mm.					Pression inférieure à 760mm.				
1	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
		°	mm				°	mm		
Octobre à Mars.										
WNW	24	+39	−2,1	W	NE, SE	17	+13	+0,6	SW	NNW, ENE
NW	30	+58	+0,5	NW	NE	13	+13	+1,6	NW	ESE
NNW	30	+49	0,0	NW	E	7	+26	+0,6	NW	ENE
N	19	(+20)	+0,4	N	E, S	3	−10	+5,5	NW	SW, NE
NNE	10	−38	+0,2	NNE, W	E, S	1	+31	+10,0	SE, NW	NE, S
NE	7	−10	+0,1	NE	SSE	1	"	"	"	"
ENE	5	−20	−0,2	NW, NE	SE, SSW	2	"	"	"	"
E	4	−44	−0,7	NNE	SW	1	"	"	"	"
ESE	4	−13	−0,8	WNW, ESE	SSW	2	"	+2,5	W	N
SE	2	+ 8	+1,2	NW, N	NE, SW	1	+ 7	+3,3	NW	SSW
SSE	4	+34	+0,8	N, NE	S	5	0	+3,9	E	SW
S	8	−11	+0,5	SE	WSW	13	−21	+1,5	SE, NE	SW
SSW	10	+ 5	−0,7	SE	NW	22	−12	+3,0	SE	WNW, SSW
SW	15	+19	−1,6	ENE	SW, NW	34	+ 8	+1,1	SE	W, NW
WSW	20	+24	−1,3	E, S	N, W	20	+ 7	+2,6	SE	N, SW
W	23	+46	−2,3	NNE, S	NW	26	+18	+1,4	S, ESE	NNW
Avril à Septembre.										
WNW	52	+37	−1,6	SW	N, SE	7	+13	+0,2	W	N, E
NW	32	+ 9	−1,6	NW, SW	NE	4	"	"	"	"
NNW	28	(−22)	−1,0	W	NE-SE	2	+22	+4,5	NNW	E
N	23	(−21)	0,0	W, NW	E	2	"	"	"	"
NNE	8	−24	−0,3	NNE, W	E, SSW	2	+22	+2,5	NNW	E, S
NE	9	−23	−1,5	NNE	SE, SSW	1	+ 8	+4,5	NW, SE	SW, S
ENE	6	+ 1	−1,1	NW	ESE	0	"	"	"	"
E	6	−12	−0,7	NNE, W	SE	2	+19	+0,6	N, E	SW, S
ESE	3	+30	−1,7	W, N	NE, E	2	"	+3,3	N, E	NE, SSW
SE	8	+33	−1,7	NNW	SE, SW	8	−45	+1,2	NE, SE	WNW, S
SSE	4	(−11)	−0,6	N, SE	SW	9	−10	+2,3	NE, SE	W
S	11	+14	−0,6	E, N	W	19	−11	+1,1	NW, ENE	W
SSW	23	+27	−0,2	NE, WNW	SW, NW	25	− 3	+1,2	NE, SE	SW
SW	39	+70	−0,5	SE	W	30	− 5	+2,1	ESE	WNW
WSW	45	+27	−1,7	(E)	W	20	+ 7	+1,8	SE, NE	NNW, WSW
W	65	+13	−2,1	(E), S	N	13	+ 6	+1,8	SE	(NE), NNW

Légende. — 1, Direction des cirrus; 2, fréquence (en pour 100) des cirrus de cette catégorie dans le semestre; 3, angle de la direction des cirrus avec la tangente à l'isobare, négatif quand ces nuages vont des hautes aux basses pressions; 4, variation barométrique à Paris, du jour des cirrus au lendemain; 5, direction du centre ou des centres de baisse par rapport à Paris; 6, *idem* pour les centres de hausse. Les résultats incertains sont entre parenthèses.

2° *Pression inférieure à* 760^{mm}. — Pour presque toutes les directions de cirrus, dépression en V ou couloir avec dépression secondaire. Paris est sur le côté W du couloir par cirrus d'WNW à NE, sur le côté E par cirrus de SE à WSW. Le V est peu marqué par cirrus d'WSW et encore moins par cirrus d'W. Son axe penche toujours vers l'W, sauf par cirrus de N et de NNE. Aux directions NE à ESE en été, E et ESE seulement en hiver, correspond une dépression fermée au N et dont le centre est au S ou au SE.

Cartes d'égales variations barométriques du jour des cirrus au lendemain (particulièrement intéressantes pour la prévision). — On peut formuler une loi très générale, qui se vérifie à peu près sur toutes nos cartes.

Il y a baisse barométrique à la droite d'un observateur marchant comme les cirrus et hausse à sa gauche. La baisse se prolonge vers l'arrière et la hausse vers l'avant par cirrus venant de la moitié N de la rose, et aussi pour ceux du SE en hiver. La baisse se prolonge au contraire vers l'avant et la hausse vers l'arrière par cirrus de la moitié S, surtout pour ceux du quadrant SW.

C'est seulement sur les cartes concernant les cirrus à composante N par haute pression, en hiver, qu'on peut voir un centre de baisse à peu près dans la direction d'où venaient les cirrus.

BOTANIQUE. — *Les Lichens vitricoles et leur action mécanique sur les vitraux d'église.* Note de Miss **Ethel Mellor**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Sur l'initiative du regretté professeur Matruchot, j'ai entrepris l'étude des lichens qui attaquent les vitraux d'église. M. Félix Gaudin a bien voulu me fournir les matériaux nécessaires pour ce travail. J'ai ainsi déterminé 22 lichens vitricoles, parmi lesquels se trouvent une nouvelle espèce et sa variété :

Ramalina polymorpha Ach. var. *ligulata* Ach.
Xanthoria parietina Ach.
Xanthoria parietina Ach. var. *tumida* Wedd.
Placodium murorum DC.
Placodium murorum DC. var. *subcitrinum* Nyl.
Placodium murorum DC. var. *tegulare* Ehrh.
Placodium murorum DC. var. *pulvinatum* Malb.
Placodium murorum DC. var. *cinnabarinum* Oliv.
Diploicia canescens Ach.

Caloplaca vitricola Mellor.
Caloplaca vitricola Mellor var. *violacea* Mellor.
Lecania erysibe Ach. var. *olivacella* Nyl.
Lecanora albella Pers. s-espèce *galactina* Ach.
Rinodina exigua Ach. var. *pyrina* Ach.
Pertusaria leucosora Nyl.
Pertusaria Wulfenii DC. var. *flavicans* Lamy.
Biatorina erysiboides Nyl.
Buellia alboatra Schær. var. *glaucoatra* Nyl.
Opegrapha rupestris Pers.
Opegrapha saxatilis DC.
Asthopyrenia chlorotica Schær. var. *olivacea* Borr.
Lepraria flava Ach.

Les vitraux, attaqués par des lichens, sont en partie squameux et irisés, en partie opaques, sur leurs deux faces. En outre, le verre est creusé, de cavités à bords opaques et recouvertes de verre squameux. La profondeur de la corrosion atteint jusqu'à $1^{mm},6$; la largeur maxima est de 5^{mm}.

Le verre altéré, opaque ou squameux, est décomposé par une légère pression en minces plaquettes. On retrouve de ces petites plaques incorporées dans les thalles crustacés, ainsi que dans les rhizines des thalles foliacés, fixés sur le verre.

Comment peut-on expliquer l'altération du verre et son incorporation dans les thalles des lichens vitricoles?

La surface du verre a une forte affinité pour l'humidité ([1]), et, étant toujours plus ou moins humide, est altérée chimiquement par l'acide carbonique de l'air ([2]). Cette action chimique de l'atmosphère se trouve accélérée là où les lichens sont en contact avec le verre, car l'eau de pluie y est retenue par capillarité, et chargée davantage d'acide carbonique, dégagé par suite de la respiration des lichens. C'est ainsi, par exemple, que du verre altéré et opaque, sous forme de disques, montre nettement les points d'attache des rhizines du *Xanthoria parietina*.

Sur ce verre altéré, les lichens sont étroitement appliqués. Leurs hyphes y exercent une pression variant, sans doute, selon qu'ils sont ou non dans un état de croissance, ou de turgescence. Alors le verre altéré se désagrège en minces plaquettes. Les hyphes, en croissant, suivent les plans de sépara-

---

([1]) MOISSAN, *Comptes rendus*, t. 136, 1903, p. 123.
([2]) GERMANN, *American Chemical Society*, t. 43, 1921, p. 11.

tion; et de plus, en raison de leur pression, ils enlèvent les plaques de verre qui sont, dès ce moment, graduellement incorporées dans le tissu du lichen. C'est donc par l'action mécanique des lichens vitricoles, sur du verre altéré chimiquement, que l'on explique l'incorporation des plaquettes de verre dans leurs tissus.

En résumé, la cause immédiate de la corrosion des vitraux est l'action mécanique des lichens vitricoles; cette action suit l'altération chimique du verre, elle-même accélérée par la croissance et la vie des lichens.

Il suffit d'un nettoyage annuel des vitraux pour les protéger contre l'établissement des lichens vitricoles, car la germination de leurs spores et la croissance de leur thalle ont un progrès très lent. Aussi leur action mécanique sur le verre doit être minime pendant les premiers mois de leur développement.

Par extension de ce travail, je conclus que les lichens saxicoles exercent une action mécanique sur leur support, et prennent ainsi part à la désagrégation des roches. J'ai pu même constater que des plaques minimes d'ardoise sont incorporées dans des rhizines du *Xanthoria parietina* croissant sur de l'ardoise.

BOTANIQUE. — *Sur des épis tératologiques du* Plantago lanceolata L. Note de M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. J Costantin.

Dans le genre *Plantago*, l'inflorescence présente parfois des anomalies de structure, assez souvent signalées [1]. Elles ont été classées anciennement par Schlechtendal [2], en cinq groupes de valeur inégale, et dont les limites, aussi bien que les relations, sont assez indistinctes

J'ai récolté dans une même station 14 échantillons du *P. lanceolata* présentant une série de formes anormales. Leur étude permet de mettre en évidence les phases du développement de chaque caractère anormal et les corrélations existant entre les caractères anormaux.

1° Phyllodie des bractées. — Les bractées deviennent semblables aux feuilles de la rosette.

Le passage de la bractée à la feuille se fait progressivement :

a. Un allongement se produit d'abord dans la partie médiane de la bractée, souvent

(1) Penzig, *Pflanzen-Teratologie*, t. II, p. 252, Genève, 1894.

(2) F.-L. von Schlechtendal, *Abnormale Pflanzenbildungen* (*Botanische Zeitung*, 1857, p. 873).

chlorophyllienne normalement; les parties latérales demeurent scarieuses et s'allongent à peine. En conséquence apparaissent des plis transversaux de la bande chlorophyllienne; fréquemment la pointe de la bractée se trouve recourbée vers sa face supérieure.

b. Les bandes scarieuses latérales sont rompues par la traction qu'elles subissent du fait de l'allongement de la partie centrale; les lambeaux en demeurent visibles à la base du pétiole, où ils forment comme de faux stipules, et sur le bord du limbe.

c. Les bractées le plus profondément transformées sont de vraies feuilles : leurs bandes scarieuses donnent l'étroite bordure brune que l'on retrouve d'ordinaire, au moins auprès de chaque pointe du limbe, dans la feuille normale.

Le nombre des bractées transformées est variable, depuis une seule jusqu'à toutes celles de l'épi.

L'étude phyllotaxique de l'inflorescence du *P. lanceolata* montre les fleurs et leurs bractées, insérées sur l'axe suivant une spire hélicoïde enroulée de gauche à droite sur l'épi, et pour laquelle l'angle de divergence est $\frac{5}{8}$. Lorsqu'il y a phyllodie, ces caractères phyllotaxiques subsistent; mais la déformation atteint un fragment de la spire génératrice plus ou moins étendu, et sur lequel toutes les bractées sont modifiées, sans exception. La situation du fragment de spire est variable sur l'épi; mais le fait que les bractées déformées sont côte à côte sur le même fragment de spire, indique que le stimulus a été continu.

L'intensité de la transformation subie par les bractées varie aussi d'une façon continue : par exemple, en suivant la spire, la longueur des bractées croît, puis décroît régulièrement.

La phyllodie des bractées est accompagnée d'une réduction de leur nombre. Un épi à bractées modifiées, même en petit nombre, est toujours plus court que les épis normaux portés par le même pied. Quand la phyllodie est plus marquée, et surtout lorsque, sur l'épi, elle est terminale, le nombre des pièces insérées sur la spire est très réduit et l'axe demeure court : l'épi ainsi transformé simule alors la rosette de feuilles de la base (prolifération végétative).

2° Avortement des fleurs de l'épi. — Dans l'épi normal, presque jusqu'à sa pointe, on trouve une fleur ou une ébauche de fleur correspondant à chaque bractée. Dans les épis anormaux, à la base des bractées non modifiées, il y a en général une fleur ou une ébauche de fleur; à la base des bractées foliacées inférieures (des 6 ou 8 premières), il peut y avoir une fleur, en général peu développée; au delà, aucune ébauche de fleur. Là encore, le phénomène est continu le long de la spire génératrice. Enfin j'ai constaté plusieurs fois l'avortement total des fleurs de l'épi.

3° FORMATION D'ÉPIS SECONDAIRES INSÉRÉS SUR L'ÉPI PROLIFÈRE. — Un certain nombre d'échantillons présentent à l'aisselle de bractées ou de feuilles qui en dérivent, un ou plusieurs épis, généralement courts, portés par des tiges plus ou moins longues. Ainsi se trouve complétée la ressemblance entre l'épi prolifère et la rosette normale de la plante.

Une étude minutieuse des inflorescences anormales m'a permis de préciser la disposition des épis secondaires.

Certains épis primaires portent à leur base des épis secondaires, insérés *à l'aisselle de bractées normales*. J'attribue la formation de ces épis secondaires à la prolifération de fleurs, car on retrouve au bas de leurs tiges des traces de fleurs constituées par des excroissances charnues. Les tiges de ces épis sont parfois très courtes, ce qui, lors d'une réduction extrême, conduit aux *épis digités*, fréquents dans cette espèce.

D'autres épis primaires portent plus haut sur leur axe des épis secondaires insérés *à l'aisselle de bractées foliacées*. Ces épis secondaires se succèdent sans interruption sur un fragment de la spire génératrice. Dans la portion de la spire qui précède les épis secondaires, on peut constater que toutes les fleurs ont avorté, aussi bien à la base des bractées normales que des bractées foliacées, sauf parfois deux ou trois fleurs isolées, sessiles ou même pédonculées, précédant immédiatement le premier épi secondaire.

Pour résumer ce qui précède, il semble que la phyllodie des bractées et l'avortement des fleurs soient sous la dépendance immédiate du même stimulus.

Il en serait de même de la production d'épis secondaires à l'aisselle des bractées normales; le phénomène serait même extrêmement sensible à l'action du stimulus, puisque de tels épis secondaires se produisent sans qu'il y ait phyllodie.

Il semble au contraire que la production d'épis secondaires, à l'*aisselle de bractées foliacées*, soit indépendante du stimulus déformant et soit due à une autre cause. Un épi porteur de bractées foliacées nombreuses et de grande taille réalise des conditions de nutrition tout à fait comparables à celles qui existent dans la rosette de la souche. Je suis porté à croire que c'est l'ensemble de ces conditions qui détermine, dans ce cas, la formation d'épis secondaires, analogues aux épis que forme la souche et répartis suivant les mêmes lois.

4° MODIFICATION DE LA PILOSITÉ DE L'AXE DE L'ÉPI. — Corrélativement au développement foliaire des bractées, la pilosité de l'axe est modifiée. Des poils nombreux et longs (jusqu'à 12^{mm}) s'échappent en touffes soyeuses blanchâtres du centre de la rosette formée par l'épi. Une telle pilosité est

anormale pour l'épi; mais elle est caractéristique de la souche du *P. lanceolata*, surtout dans les stations arides.

L'inflorescence anormale du *P. lanceolata* peut donc présenter trois groupes de caractères principaux.

L'action sur les organes normaux est pour les bractées : phyllodie et diminution de leur nombre; pour les fleurs : prolifération en épis secondaires et diminution de leur nombre.

Enfin, corrélativement au développement foliaire des bractées, des épis secondaires, d'une autre catégorie d'après moi, peuvent réapparaître dans l'inflorescence devenue en tout semblable à la rosette feuillée de la souche.

Les divers ordres de modifications sont susceptibles de degrés. Aussi est-ce une tentative illusoire, que de vouloir classer, comme Schlechtendal, les diverses apparences auxquelles donnent lieu leurs combinaisons.

BOTANIQUE. — *Production expérimentale de l'accélération dans l'évolution de l'appareil conducteur.* Note de M. **André Dauphiné**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On sait, depuis G. Chauveaud, que l'appareil conducteur des Phanérogames présente durant son développement des phases différentes qui se succèdent toujours dans le même ordre. Ainsi, dans la racine, on voit la phase alterne, la phase intermédiaire et la phase superposée. On peut voir la même succession dans la tige en observant une plantule très jeune, car cette tige subit une accélération basifuge qui a pour effet de supprimer les premières phases, de telle sorte qu'à un état plus âgé elle présente seulement la phase superposée; ce qui fit croire aux anatomistes précédents que la racine et la tige possèdent des types vasculaires fondamentalement différents.

Depuis deux ans, à la suite d'une observation accidentelle, j'ai entrepris de rechercher si l'on peut expérimentalement produire l'accélération, et j'ai obtenu des résultats dont je vais donner un exemple. Une jeune racine de Lupin, sectionnée transversalement au niveau supérieur de la coiffe, de manière à supprimer les initiales et une partie du méristème primitif, puis replacée sur la mousse humide, montre les modifications suivantes : elle s'accroît médiocrement en longueur, s'épaissit au contraire assez rapidement en formant souvent massue au voisinage de la surface de section, et pré-

sente des radicelles précoces. Vingt-quatre heures environ après le sectionnement, on constate au niveau de la section une altération qui porte

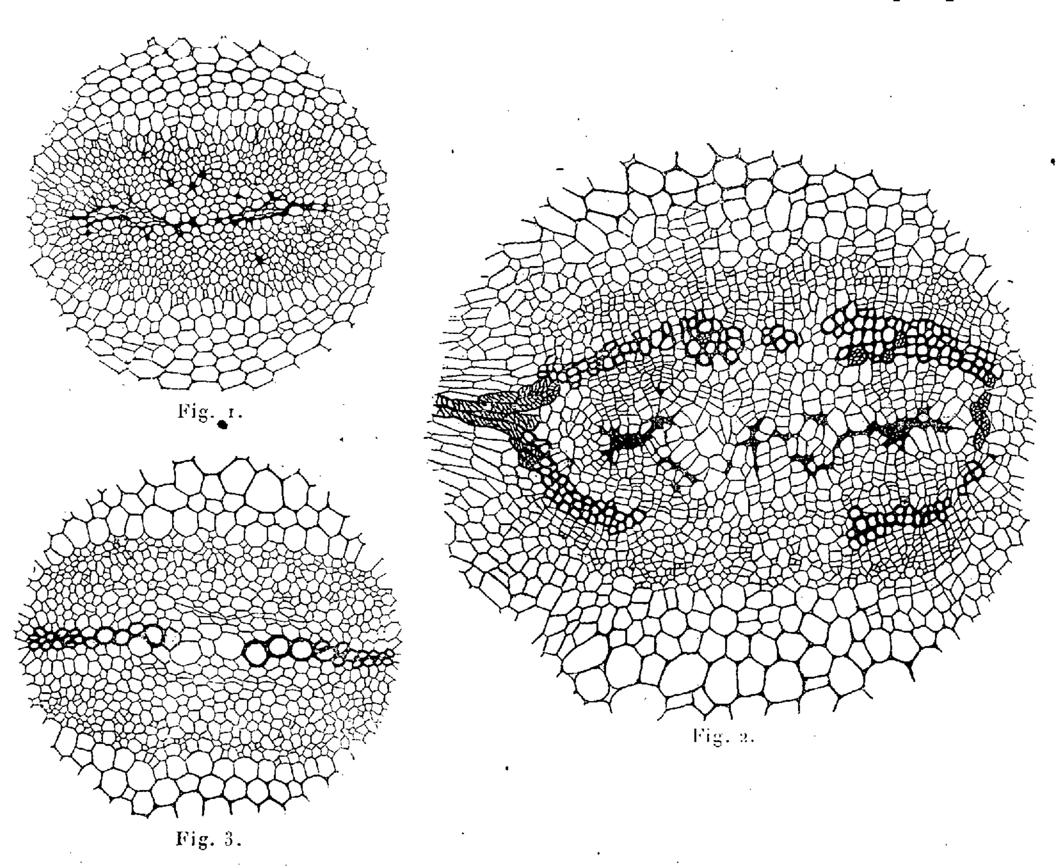


Fig. 1. — Racine de Lupin récoltée 24 heures après le sectionnement du point végétatif. Coupe faite à 1^{mm} environ au-dessus de la surface de section. Les éléments du méristème primaire destinés à former les xylèmes alternes sont en voie de dégénérescence; les premières cloisons tangentielles apparaissent.

Fig. 2. — Racine de Lupin récoltée 4 jours après le sectionnement du point végétatif; même niveau que la figure 1. L'accélération s'est manifestée par la production d'une zone considérable de méristème secondaire, aux dépens duquel se sont différenciés de nombreux vaisseaux superposés au phloème; l'emplacement des xylèmes alternes supprimés est encore indiqué par des cicatrices. Les éléments vasculaires obliques situés aux deux extrémités du plus grand diamètre appartiennent à des insertions de radicelles.

Fig. 3. — Racine normale de Lupin, de même âge que la figure 2, et à un niveau comparable. La différenciation centripète des xylèmes alternes n'est pas encore complètement terminée; les premières cloisons tangentielles commencent seulement à apparaître.

principalement sur les éléments du cylindre central. En s'éloignant de la section, cette altération se localise et affecte presque uniquement les élé-

ments conducteurs alternes qui, au lieu de poursuivre leur différenciation en vaisseaux, de façon à donner l'aspect représenté par la figure 3, entrent en voie de régression. Après un temps variable de 24 à 48 heures, et sur une hauteur de 1^{mm} à 2^{mm} au-dessus de la surface de section, on ne trouve à leur place qu'une bande lacuneuse diamétrale où leurs vestiges sont encore visibles (*fig.* 1).

En même temps apparaissent de part et d'autre de cette bande diamétrale des cloisonnements tangentiels qui se multiplient avec une très grande rapidité, témoignant ainsi de l'intensité de l'accélération, et établissent en dedans des arcs de phloème une zone importante de méristème secondaire. Trois ou quatre jours après le sectionnement, les vaisseaux commencent à se différencier aux dépens de ce méristème secondaire, en superposition avec les arcs de phloème et, d'une manière générale, dans le sens centrifuge (*fig.* 2). Ces vaisseaux représentent la dernière phase du développement vasculaire qui apparaît ici en premier lieu, les phases précédentes se trouvant supprimées.

Il s'établit donc à ce niveau de la racine, dès le début de la différenciation vasculaire, une structure superposée réalisée aux dépens d'un méristème secondaire. Par conséquent, le traumatisme a provoqué dans le développement de l'appareil conducteur une accélération qui se manifeste par la suppression de la phase alterne et l'apparition hâtive de la phase superposée, c'est-à-dire que nous nous trouvons en présence, dans une racine, d'une transformation identique à celle qui se produit normalement au début de la plantule pour réaliser la structure dite caractéristique de la tige.

BOTANIQUE. — *Structure comparée des feuilles de même âge et de dimensions différentes.* Note de M. **Fernand Obaton**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Je me suis proposé d'étudier comparativement la forme et la structure des feuilles adultes d'un certain nombre d'espèces ligneuses, chez les feuilles normales et chez les feuilles les plus petites de même âge, prises sur la même branche. Afin d'être certain que la feuille naine n'est pas plus jeune que la feuille normale à laquelle je l'ai comparée, j'ai eu soin de choisir les petites feuilles insérées au-dessous des feuilles normales.

Mes recherches ont porté sur six espèces appartenant à des familles différentes : *Acer platanoides*, *Ligustrum japonicum*, *Celtis australis*, *Ulmus campestris*, *Carpinus Betulus* et *Fagus silvatica*.

Au point de vue de la morphologie externe, on peut constater que la petite feuille n'est pas, dans ses différentes parties, une réduction de la structure de la grande feuille. C'est ce que montrent d'abord le nombre et la disposition des nervures. Par exemple, une petite feuille de Charme dont la surface est cinquante fois plus petite que celle d'une autre feuille de la même branche n'a que 12 nervures au lieu de 23; ou encore qu'une petite feuille de Hêtre, dont la surface est 22 fois plus petite qu'une autre feuille, possède 6 nervures seulement au lieu de 15. De plus, le contour de la feuille naine est lui-même différent de celui de la feuille normale. Une très petite feuille d'Orme est presque symétrique par rapport à un plan tandis qu'une grande feuille ne l'est pas, par suite d'un lobe basilaire beaucoup plus développé d'un côté que de l'autre; qu'une petite feuille de Troëne est obtuse à son sommet au lieu d'être aiguë, etc.

Au point de vue anatomique, on pourrait s'attendre à trouver chez la feuille naine des éléments notablement plus petits que chez la grande feuille. Des coupes perpendiculaires à la surface, dans les deux limbes comparés, montrent qu'il n'en est rien. Le plus souvent, il n'y a aucune différence entre les dimensions des cellules dans les deux cas, ni même entre les épaisseurs des tissus, et par conséquent entre les épaisseurs totales des deux feuilles. C'est ce que montre le Tableau suivant :

	Épaisseur									
	totale de la feuille. — Feuille		de l'épiderme de la face supérieure. — Feuille		du tissu en palissade. — Feuille		du tissu lacuneux. — Feuille		de l'épiderme de la face inférieure. — Feuille	
Espèces.	gr.	pet.	gr.	pet.	gr.	pet.	gr.	pet.	gr.	pet.
Acer platanoides	30	32	6	6	10	10	10	11	4	5
Ligustrum japonicum ..	86	88	8	8	31	32	41	42	6	6
Celtis australis.........	28	28	5	4	9	10	10	10	4	4
Ulmus campestris	49	45	9	9	16	14	19	16	5	6
Carpinus Betulus	37	36	4	5	13	11	15	15	5	5
Fagus silvatica.........	37	32	3	3	13	11	18	14	3	4

Nota. — Tous ces chiffres représentent le nombre de divisions micrométriques de l'oculaire.

Ces mesures, qui d'ailleurs représentent des moyennes, s'appliquent aux parties des limites qui sont situées entre les nervures; donc en ne considérant que ces régions du limbe sans nervure on pourrait dire que la struc-

ture de la petite feuille est sensiblement la même que celle d'un morceau de surface égale découpé dans la grande feuille.

Il semble que la dimension absolue des éléments pourrait être une caractéristique d'une espèce donnée, car je n'ai pas trouvé de variations dans ces dimensions chez les feuilles mesurant n'importe quelle surface, et appartenant à la même espèce. Au contraire, si l'on s'adresse à deux espèces du même genre, on peut trouver une différence notable entre les grandeurs absolues de leurs cellules. Une feuille de *Tilia platyphylla*, comparée à une feuille de *Tilia silvestris* par exemple, présente des éléments deux fois plus grands chez la première espèce que chez la seconde, quelles que soient les dimensions des feuilles.

Il en est tout autrement quant à la structure des nervures. En effet dans une grande feuille, si l'on coupe en travers la nervure principale vers sa base, on trouve que les éléments qui la constituent sont un peu plus grands (au plus deux fois) que ceux qui leur correspondent dans les petites nervures de la même grande feuille peu éloignées des bords. Mais si l'on compare la base de la nervure principale d'une feuille naine à une nervure de la grande feuille desservant la même surface de limbe, on constate que les éléments de ces deux nervures sont sensiblement égaux entre eux. Citons l'exemple suivant qui se rapporte au Charme :

Carpinus Betulus.

	Grande feuille.	Petite feuille.
Diamètres de la nervure	62	60
» du cylindre central	38	37
Épaisseurs du péricycle, partie inférieure	7	6
» » partie supérieure	9	9

En outre les vaisseaux et les fibres, dans les deux cas, sont sensiblement en même nombre et de même diamètre moyen. Il résulte de ces mesures, et de l'aspect que présentent les deux coupes traitées par les mêmes réactifs, qu'il est impossible de les distinguer l'une de l'autre.

Remarquons en terminant que la réduction de la partie vasculaire à la base d'une petite feuille, par rapport aux tissus comparables de la grande feuille, peut altérer la « caractéristique » pétiolaire de l'espèce; c'est-à-dire peut changer la disposition des faisceaux à la partie supérieure du pétiole. Par exemple, dans la feuille de Hêtre, de taille normale, une coupe transversale du sommet du pétiole offre trois gros faisceaux avec un petit faisceau central, tandis qu'il n'existe que deux faisceaux seulement dans la

coupe correspondante de la feuille naine. Il en résulte que, pour appliquer cette caractéristique anatomique à la classification, on ne doit s'adresser qu'à des feuilles de taille normale.

En résumé, on peut conclure de ces essais de comparaison entre les grandes feuilles et les très petites feuilles d'une même branche, et de même âge, que les éléments histologiques de ces deux feuilles sont sensiblement de même grandeur pour la partie parenchymateuse du limbe, et sont également presque identiques dans la composition de la structure des nervures physiologiquement comparables.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *La composition des Laminaires.* Note de M. **P. Freundler** et de Mlles **Y. Menager** et **Y. Laurent**, présentée par M. A. Béhal.

Nous avons montré récemment [1] que la teneur en iode des algues varie avec la saison, l'âge, les tissus, etc. Il est intéressant de mettre ces variations en parallèle avec l'évolution biologique.

Croissance et durée de vie des Laminaires [2]. — Le *Saccorhiza bulbosa* est annuel; la fronde et le stipe disparaissent en hiver, le bulbe au plus tard au printemps, époque à laquelle les plantules abondent.

Le *L. Cloustoni* est vivace mais renouvelle chaque année sa fronde : en hiver, une jeune pousse jaune clair apparaît au point de jonction du stipe et de la vieille lame; celle-ci est repoussée peu à peu et se détache en mars ou avril (mantelet), tandis que la nouvelle fronde prend à son tour la forme digitée.

Le *L. saccharina* peut vivre plus d'un an, et l'on a signalé des cas de renouvellement de la lame. En pratique, sa fixation sur de petites roches ensablées est tellement précaire que la plupart des individus sont arrachés par les tempêtes d'hiver. Les jeunes *Saccharina* (*Phyllitis*) apparaissent surtout au printemps et au début de l'été; elles sont adultes et fertiles quelques mois après; à ce moment, l'extrémité de la lame blanchit et se ronge et les godrons de la moitié supérieure disparaissent. Cette année, les *Phyllitis* tardives (juillet, août) n'ont en général pas atteint leur développement normal.

Le *L. flexicaulis* a une durée de vie supérieure à un an. Les plantules apparaissent en toute saison, et principalement en hiver et au printemps; on rencontre, au début de l'été, de nombreux adultes à lame intacte, mais déjà en septembre, la plupart des

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 931.

(2) Sauvageau, *Mémoires de l'Académie des Sciences*, t. 56, p. 23 et suivantes. Nos observations de 1920 et 1921 apportent sur ce point quelques précisions nouvelles.

frondes ont la partie terminale blanchie et usée et sont, de plus, recouvertes d'épiphytes; elles se retrouvent telles quelles l'année suivante. Nos observations ne semblent pas indiquer qu'il y ait renouvellement de la lame.

Le *L. Lejolisii*, découvert à Roscoff par M. Sauvageau, serait vivace et passible d'un renouvellement annuel et progressif de la fronde. Il est localisé et moins abondant que les précédents.

Ces conditions de vie normale sont subordonnées à l'immersion presque constante des algues. Lorsque ces dernières sont soumises, lors des grandes marées d'été, à l'action du soleil, leurs tissus subissent une altération qui peut entraîner la destruction du plant (Sauvageau, *loc. cit.*). Cet accident s'est produit cette année, à un haut degré, aux îles Saint-Quay, où l'amplitude des marées est plus forte qu'à Roscoff; les terrains ainsi dégarnis se repeuplent très lentement, car la présence des algues adultes est favorable, sinon indispensable, à la fixation et au développement des plantules.

Retour de l'iode à la mer. — Si on laisse de côté les destructions accidentelles par arrachage ou émersion, on voit que les Laminaires restituent régulièrement à la mer une certaine quantité d'iode dans des conditions qui dépendent, pour chaque espèce, de leur mode de croissance, à savoir :

Les *S. bulbosa*, en automne et en hiver, par destruction totale; les *L. Cloustoni*, au printemps, par séparation du mantelet; les *L. saccharina*, en été, par disparition des godrons; les *L. flexicaulis*, en été et en automne, par usure lente de l'extrémité de la fronde.

Mais, pour ces derniers tout au moins, ce mode de restitution n'est pas le plus important. Nos analyses nous permettent en effet d'établir que la teneur moyenne des algues entières, qui est de 0,7 pour 100 au printemps et qui passe par un maximum (1 pour 100 et au delà) en été, subit une chute très forte en automne (0,55 en novembre). Or, si l'on songe que chaque pied de *L. flexicaulis* pèse, à l'état sec, entre 50^g et 100^g, et que cette Laminaire constitue des champs de grande étendue, dans lesquels on rencontre couramment de 30 à 40 individus par mètre carré, on se rend compte de la quantité considérable d'iode qui retourne de ce fait à la mer, dans un intervalle de temps assez court (¹).

Relation entre la teneur en iode et la teneur en composés organiques. — M. Lapicque (²) a signalé l'abondance des hydrates de carbone dans les algues récoltées en été et leur diminution très accentuée en automne et en hiver. Nos expériences confirment cette indication. Il y a donc parallélisme entre la teneur en iode et la teneur en laminarine : en été, l'algue accumule

---

(¹) L'iode diminue aussi en automne chez les *L. Cloustoni* et *saccharina*. Faute d'échantillons frais, nous n'avons pu, cette année, établir l'importance exacte de cette diminution.

(²) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1924.

l'un et l'autre; en automne, elle consomme ses réserves hydrocarbonées et son taux d'iode diminue.

D'autre part, nous avons observé chez les *Saccharina*, une relation analogue entre l'iode et les pigments bruns qui s'accumulent en été dans les godrons.

Il en résulte que *les teneurs maxima en iode, en hydrates de carbone de réserve et en pigments bruns coïncident avec l'époque de plus grande insolation.*

Cette constatation nous conduit à considérer l'iode comme un facteur essentiel de l'assimilation chlorophyllienne chez les Laminaires; nous essaierons de déterminer l'an prochain, sur des algues fraîches, le mode d'introduction et d'élimination de cet iode, dont la forme de combinaison nous échappe encore.

CHIMIE BIOLOGIQUE — *Sur la répartition du manganèse dans l'organisme des plantes supérieures.* Note de M. **Gabriel Bertrand** et de Mme **M. Rosenblatt**, présentée par M. Roux.

L'existence du manganèse dans les organes des plantes a été recherchée dans un nombre déjà considérable de cas et, récemment, nous avons démontré que l'on devait la considérer comme tout à fait générale, les exceptions signalées n'étant dues qu'à l'emploi de méthodes analytiques incorrectes ou d'une sensibilité insuffisante (1).

Nous nous sommes préoccupés, depuis, de déterminer, d'une façon plus complète et plus précise qu'on l'avait essayé jusqu'ici, le mode de répartition du métal dans les organes des plantes et, en particulier, des plantes supérieures. On s'était contenté de comparer seulement quelques organes d'une même plante ou, plus habituellement, des organes appartenant à des individus d'origines et même d'espèces différentes. En outre, on avait négligé de tenir compte de la période de végétation, qui, cependant, influe beaucoup sur la composition chimique. Il nous a semblé que, pour mieux apprécier l'importance physiologique du manganèse, il fallait doser le métal, non seulement dans le plus grand nombre possible d'organes, mais encore dans les organes d'une même espèce recueillie à un moment déterminé de la végétation. C'est ce que nous avons fait sur une dicotylédone, le tabac des paysans, et sur une monocotylédone, le lys du Japon. Les résultats ainsi obtenus donnent une très bonne idée de ce qui se dégage d'essentiel de

(1) *Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 333. Avec plus de détails : *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. **29**, 1921, p. 910.

plusieurs centaines de dosages que nous avons effectués en même temps sur les organes d'autres plantes (¹).

Tabac des paysans (*Nicotiana rustica* L.).

Cultivé dans le jardin du laboratoire et récolté au moment de la floraison. Les capsules et les graines ont été recueillies plus tard sur d'autres pieds.

	Mn en milligrammes p. 100 de matière		
	fraîche.	sèche.	Cendres.
Racines	0,55	2,82	25,2
Tige, écorce (1/3 inférieur)	0,28	3,64	15,2
» bois (»)	0,07	0,39	5,4
» écorce (1/3 moyen)	0,22	2,41	11,7
» bois (»)	0,06	0,62	4,8
» écorce (1/3 supérieur)	0,34	3,10	19,9
» bois (»)	0,05	0,64	6,4
Rameaux	0,25	2,95	17,3
Feuille n° 1 (la plus vieille)	0,55	8,60	24,3
» n° 5 (du milieu)	0,52	7,80	25,9
» n° 10 (la plus jeune)	0,87	8,55	48,4
Fleurs, calices	0,87	6,87	42,7
» corolles	0,21	2,18	23,5
» ovaires et pistils	0,49	3,41	27,3
» étamines	0,76	4,17	40,9
» pédoncules	0,55	4,20	25,0
Fruits, capsules	4,07	5,15	43,9
» graines	4,91	5,65	127,7

Lys du Japon (*Lilium lancefolium rubrum*).

Tous les dosages ont été effectués sur les organes réunis de deux pieds récoltés au moment de la floraison.

	Mn en milligrammes p. 100 de matière		
	fraîche.	sèche.	Cendres.
Racines	0,18	2,32	17,8
Bulbe	0,22	1,08	24,5
Tige, partie enterrée	0,11	0,91	13,9
Tige, partie aérienne (1/3 inférieur)	0,07	0,48	9,1
» (1/3 moyen)	0,04	0,24	5,4
» (1/3 supérieur)	0,07	0,40	7,0
Feuilles, ensemble	0,37	2,90	25,1
Fleurs, périanthes	0,15	1,59	18,1
» ovaires	0,38	3,04	23,2
» styles et stigmates	0,25	2,13	12,6
» anthères	0,46	1,81	19,8
» filets	0,04	0,57	4,8
» pédoncules	0,16	0,95	11,7

(¹) Par la méthode indiquée antérieurement : *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. **9**, 1913, p. 361.

Ces résultats, portant sur les organes les plus divers et dont plusieurs n'avaient pas encore été examinés, confirment, tout d'abord, la conclusion générale que nous avons rappelée au commencement de cette Note. Ils mettent en évidence, ensuite, une localisation intéressante du manganèse : c'est dans les organes où les transformations chimiques sont le plus intense que se trouvent les plus fortes proportions du métal. Pichard avait fait observer en 1898 que « le manganèse paraît se concentrer dans les parties de la plante en activité végétative, dans les feuilles, les jeunes pousses » (¹) et, plus récemment, Jadin et Astruc avaient déduit de leurs recherches que « les organes chlorophylliens paraissent, dans un végétal, être plus riche en manganèse que les parties souterraines » (²). Les résultats que nous venons de présenter montrent que les organes reproducteurs, où les phénomènes d'échanges sont très intenses, se placent à côté des feuilles, des jeunes pousses et, d'une manière générale, des organes chlorophylliens.

Au contraire, le bois, dont le rôle est surtout passif, est remarquablement pauvre.

Enfin, les graines renferment une provision élevée de métal, destinée sans doute, à subvenir plus tard aux premiers besoins de la jeune plante.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Utilisation de la Grenouille pour la démonstration de l'action anticoagulante des acides nucléiques.* Note de M. **Doyon**, présentée par M. Charles Richet.

I. Pour mettre en évidence le pouvoir anticoagulant des acides nucléiques j'utilise en général le Chien. L'expérience est très simple, mais difficile à réaliser en dehors des laboratoires de Physiologie. L'emploi de la Grenouille permet la vérification de mes expériences, sans outillage. On constatera que les acides nucléiques s'opposent à la coagulation du sang *in vitro* à la dose de $0^g,9$ d'acide pour 1000 de sang et qu'il suffit d'injecter 5^{mg} d'acide dans un sac lymphatique pour provoquer l'incoagulabilité du sang circulant.

II. *Démonstrations.* — 1° On place dans une petite cupule $0^{cm^3},5$ d'une solution contenant $0^g,0033$ d'acide nucléique, $0^g,0025$ de carbonate de soude, $0^g,002$ de chlorure de sodium, puis on coupe la tête successi-

(¹) *Comptes rendus*, t. 126, 1898, p. 1882.

(²) *Journ. Pharm. Chim.*, 7ᵉ série, t. 7, 1913, p. 155.

vement à plusieurs Grenouilles en laissant tomber dans la solution préparée soixante gouttes (pesant $3^g,6$) de sang. La coagulation ne se produit pas; les hématies se déposent, le plasma est absolument limpide et très légèrement teinté en jaune. Si l'on conserve le mélange dans un tube à essai bouché, et si l'on fait des examens histologiques journaliers, on constate que la forme et les propriétés des globules sont parfaitement conservées, même après plusieurs jours; la couleur du sang oxygéné réapparaît après agitation à l'air. Le quatrième jour, on observe, au microscope, quelques flocons de fibrine, qui, le lendemain, sont toujours absolument insignifiants.

2° Le sang nucléaté résiste à l'action du sérum. L'addition de chlorure de calcium favorise la coagulation. J'ai ajouté à un échantillon, exactement semblable au premier, dix gouttes de sérum frais de Grenouille et dix gouttes d'une solution de chlorure de calcium à 10 pour 100. Plusieurs heures après, j'ai vu apparaître dans le plasma, qui formait une couche limpide au-dessus des globules, un gros flocon de fibrine. Ce flocon était complètement dissous le quatrième jour.

3° On injecte dans le sac dorsal lymphatique d'une Grenouille $0^{cm^3},5$ d'une solution contenant $0^g,005$ d'acide nucléique, $0^g,0025$ de carbonate de soude, $0^g,002$ de chlorure de sodium. Après une demi-heure d'attente, on coupe une cuisse de la Grenouille. Le sang recueilli ne se coagule pas. On peut varier l'expérience de la manière suivante : on coupe une cuisse, on recueille quelques gouttes de sang : la coagulation se fait normalement. On lie la cuisse coupée. On pratique l'injection; une demi-heure après, on recueille quelques gouttes de sang en sectionnant la seconde cuisse. Le sang recueilli dans ces conditions ne se coagule pas.

Pour constater nettement l'incoagulabilité, après l'injection de 5^{mg} d'acide dans le sac lymphatique dorsal, il faut attendre une demi-heure; quatre heures après l'injection, le sang recueilli ne se prend pas en masse, mais donne cependant quelques filaments de fibrine.

L'injection dans la cavité du corps provoque les mêmes effets que l'injection dans un sac lymphatique. L'injection intraveineuse détermine l'incoagulabilité du sang circulant en moins de trois minutes.

4° Des expériences comparatives de contrôle prouvent que l'action anticoagulante des solutions appartient à l'acide nucléique.

In vitro, la coagulation se produit, dans les délais normaux, si l'on ajoute 10 à 15 gouttes de sang à $0^{cm^3},5$ d'une solution contenant $0^g,0025$ de carbonate de soude et $0^g,002$ de chlorure de sodium. *In vivo*, l'injection de 1^{cm^3}

d'une solution contenant 0g,005 de carbonate de soude et 0g,004 de chlorure de sodium ne modifie pas la coagulabilité du sang circulant.

5° J'ai utilisé des acides nucléiques que j'ai extraits, en suivant, dans ses grandes lignes, la méthode de Neumann, des ganglions lymphatiques mésentériques de bœuf, après 2 à 4 heures d'hydrolyse.

HISTOLOGIE. — *Tissu fibrillaire et tissu nerveux des élytres et cirres dorsaux des Annélides-Aphroditiens*. Note de M. A. **Michel**, présentée par M. Henneguy.

Cette étude complète ma Note antérieure [1] sur *Halosydna gelatinosa*, et s'étend à quelques autres Polynoïnes, surtout à des Sigalionines; parmi ceux-ci notamment, *Leanira Yhleni* Malmgren [jusqu'ici signalé seulement à l'île de Ré et à Trieste (Adriatique)], m'a fourni, après l'avoir retrouvé dans la vase profonde au Croisic, un exemple plus nettement démonstratif.

Tissu fibrillaire. — Ce tissu constitue en grande partie la couche interne des élytres; ses fibrilles, déjà très longues, peuvent aussi être très nombreuses. *H. gelatinosa* présente à un haut degré cette complexité de lacis : les fibrilles y sont ondulées et plus ou moins entrelacées, plus encore parfois et par points rétractées en boucles, jusqu'en spires. Cette couche fibrillaire diminue progressivement vers le pourtour, préparant sa disparition : c'est surtout là que j'ai pu observer au long de la fibre un corps cellulaire nucléé, signalé dans ma Note antérieure. Mais ultérieurement j'ai trouvé plus nette cette structure dans certaines régions chez *Sthenelaïs Boa* (= *Idunæ*), plus encore partout chez *L. Yhleni :* chez celui-ci en effet, par adaptation à des conditions moins variables, la texture des élytres est simplifiée en fibrilles peu nombreuses et ordinairement presque rectilignes à travers tout le disque; dans ces conditions, la structure est manifeste. Chez ces deux Sigalionines le corps de la fibre a une forme spécialisée : un étranglement le divise en deux parties, dont l'une nucléée est plus grande. L'insertion de chaque fibre sur la cuticule se fait par un prolongement, plus caractéristique chez *L. Yhleni*, de la partie nucléée du corps.

J'ai observé chez *H. gelatinosa* et *S. Boa* des cellules étoilées par de très fins prolongements, qu'on peut suivre plus ou moins loin et qui peuvent être spiralés, intriqués, cellules en somme de quelque ressemblance, à part la forme générale, avec les fibres ordinaires du tissu fibrillaire.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 399.

Au niveau de l'insertion de l'élytre chez *H. gelatinosa, S. Boa, L. Yhleni*, j'ai distingué des fibrilles fines rayonnant vers le centre dans le pédoncule, et vers la périphérie : de ce côté elles passent sous la couche de cellules épithéliales plates, de là dans les traverses, puis dans le réseau qui en dérive, enfin peu à peu se raréfient jusqu'à disparaître. Quelle en est l'origine? elles paraissent plus fines et plus serrées que les autres, plus que les prolongements des cellules épithéliales, notamment plus que les prolongements bien développés des cellules bordant le pédoncule; plus que les fibrilles de la couche interne, d'ailleurs bien plus ondulées; et puis elles sont plutôt à un niveau presque superficiel. Comme on n'y distingue pas de corps cellulaire, peut-être sont-ce des déterminations de très longues fibrilles internes, ou des produits tangentiels de soutènement dus aux cellules plates elles-mêmes.

Tissu nerveux. — La couche interne est encore compliquée par le tissu nerveux. Sur cette structure, je puis surtout confirmer et étendre à d'autres espèces les résultats antérieurs.

Dans l'élytre : ganglion basal dans le plan d'insertion, épanouissement en rameaux rayonnants, avec renflements plus ou moins limités en petits amas ganglionnaires. Dans le cirre dorsal : axe nerveux, ganglion continu avec dilatations, notamment vers l'extrémité jusqu'à remplir ce cirre. Les ramuscules des élytres (ramifications, anastomoses, enfin filaments) et des cirres (sur les filaments, en traverses de l'axe nerveux à la paroi) sont des chaînes de cellules nerveuses, ordinairement fusiformes. Ces filaments nerveux vont à la paroi, surtout aux bords dans les élytres : parfois ils aboutissent à des amas cellulaires, souvent ils se perdent entre les cellules épithéliales, ou ils divergent jusqu'à la cuticule, ou plus spécialement ils pénètrent dans les papilles, très variables suivant les espèces en taille et nombre, qui ordinairement frangent les bords. J'ajoute seulement que l'élytre très lisse de *L. Yhleni* n'a ordinairement qu'une seule papille très petite, mais encore avec un filet nerveux, et que j'ai observé chez *Lagisca extenuata* et *S. Boa* de fréquentes terminaisons nerveuses en pointes saillantes à l'extrémité de petites papilles.

EMBRYOGÉNIE. — *Nouvelles observations sur la formation de l'organe cardio-péricardique et de l'épicarde chez l'oozoïde de* Distaplia. Note de MM. **Ch. Julin** et **A. Robert**, présentée par M. Henneguy.

Les observations anciennes, faites notamment par Van Beneden et Julin (1886) sur *Clavelina* et par Julin (1895) sur *Distaplia*, tendaient à démontrer que l'organe cardio-péricardique et l'épicarde dérivent d'une ébauche commune, qu'ils ont appelée les *procardes*. Mais tandis que les deux procardes interviennent chez la Claveline dans la formation de l'organe cardio-péricardique, chez *Distaplia* seul le procarde droit aurait fourni l'ébauche de cet organe, le gauche par son extrémité distale constituant seulement la vésicule interne ou endodermique de la première ébauche du bourgeon primordial larvaire.

De nouvelles recherches, faites chez *Distaplia magnilarva* della Valle et ayant notamment porté sur des stades très précoces du développement qui n'avaient pas encore été observés, nous ont amenés à modifier les conclusions tirées par l'un de nous de ses études de 1895. Elles établissent que l'organe cardio-péricardique et l'épicarde ne proviennent pas d'une ébauche commune, mais se forment *successivement* dans la même région au fond du pharynx.

La première ébauche de l'organe cardio-péricardique se montre à un stade très reculé du développement, qualifié de la manière suivante : Les deux invaginations péribranchiales viennent de se former; il n'y a pas encore de fentes branchiales; dans la vésicule cérébrale, on n'observe pas encore de grains de pigment, ni dans l'otocyste, ni dans l'œil; le tube digestif est représenté par une ébauche très courte, presque pleine, dépendant du pharynx (futur sac branchial). A ce stade, l'organe cardio-péricardique apparaît comme un puissant épaississement épithélial, médian et plein, du fond du pharynx; il est interposé entre l'ébauche du tube digestif et la paroi épidermique ventrale de l'embryon. Celle-ci, refoulée à ce niveau par la queue de l'embryon, donne à la masse cellulaire un aspect bilobé.

A un stade beaucoup plus avancé, au moment où les deux premières paires de fentes branchiales viennent de se perforer et où l'anse intestinale apparaît sous la forme d'un diverticule du pharynx dont l'extrémité aveugle est déviée vers la gauche, l'organe cardio-péricardique constitue une

vésicule unique, médiane, indépendante du pharynx et sous-jacente à la partie proximale ou initiale de l'anse intestinale.

Comment s'est établie cette disposition de l'organe cardio-péricardique aux dépens de la première ébauche sus-mentionnée? Nos observations tendent à démontrer qu'elle peut se réaliser de deux façons quelque peu différentes.

Dans certains cas, l'ébauche pleine de l'organe cardio-péricardique, encore en continuité partielle avec le fond du pharynx, dont elle n'est détachée que par ses extrémités dorsale et ventrale, montre manifestement à son intérieur une paire de fines lumières, résultant d'une sorte de délamination *in situ* de la masse épithéliale; ces lumières ne communiquent nullement avec la cavité pharyngienne; mais elles finissent par confluer pour former la cavité péricardique, en même temps que l'organe cardio-péricardique se détache complètement du sac branchial.

Dans d'autres cas observés, aux mêmes stades du développement, l'organe cardio-péricardique était largement creusé d'une cavité péricardique en communication directe avec le pharynx par sa partie médiane. En outre, cette cavité se montrait pourvue de deux cornes creuses inégales, la gauche étant plus profonde et plus étroite que la droite. L'organe cardio-péricardique dans son ensemble se manifestait donc comme une évagination du fond du pharynx, avec indices de symétrie bilatérale.

Quoi qu'il en soit, de toutes nos observations, il résulte que l'organe cardio-péricardique procède, soit d'un épaississement, soit d'un diverticule creux, médian, de l'épithélium (d'origine endodermique) du fond du pharynx, appliqué contre la face ventrale de la partie initiale du tube digestif.

C'est au moment où cette vésicule cardio-péricardique s'est complètement détachée du fond du pharynx, ce qui correspond au stade où apparaissent les premières ébauches des fentes branchiales, qui pourtant ne sont pas encore perforées, que se montrent les premiers rudiments de l'épicarde, sous la forme de deux larges évaginations du fond du pharynx, à droite et à gauche de l'orifice œsophagien. L'évagination gauche est plus marquée que la droite, parce que la lèvre gauche de l'orifice œsophagien est plus saillante dans la cavité pharyngienne que ne l'est la lèvre droite. Ces deux évaginations épicardiques se forment nettement après l'ébauche de l'organe cardio-péricardique. Elles procèdent, comme cette dernière, du fond du pharynx, mais apparaissent en dehors d'elle. Le cul-de-sac épicardique

droit reste longtemps en contact intime par son extrémité aveugle avec la vésicule cardio-péricardique, en même temps qu'il s'accole, dans le plan médian, au cul-de-sac épicardique gauche, avec lequel il se soudera ultérieurement. En ce qui concerne la suite du développement et les transformations ultérieures de l'épicarde, nous n'avons rien à modifier à la description qu'en a donnée l'un de nous en 1895.

En résumé, il résulte de nos recherches nouvelles sur la formation de l'organe cardio-péricardique et de l'épicarde chez l'oozoïde de *Distaplia* que : 1° l'ébauche de l'organe cardio-péricardique procède manifestement de la paroi épithéliale du fond du pharynx et, comme elle, est donc endodermique; 2° cette ébauche, médiane et impaire, montre des traces d'une origine double, à symétrie bilatérale; 3° elle ne se confond nullement avec les ébauches paires et symétriques de l'épicarde, ces dernières n'apparaissant qu'à un stade ultérieur du développement embryonnaire; 4° il existe pourtant des relations intimes, de voisinage et d'origine, entre ces deux formations, l'une et l'autre procédant successivement de la même région du fond du pharynx.

ENTOMOLOGIE. — *Fécondité et longévité de la Mouche domestique.* Note de M. E. **Roubaud**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

« La difficulté de déterminer expérimentalement la longévité naturelle de la mouche domestique ne peut être appréciée que par ceux qui l'ont tentée » ([1]). Aussi connaît-on mal la durée de la vie active et la fécondité réelle de cet insecte. D'après les données anatomiques, Hewitt admet qu'une mouche peut développer dans ses ovaires de 4 à 6 paquets d'une centaine d'œufs. Howard, estimant à 120 œufs la production d'une seule mouche, a calculé qu'en 5 mois chauds le jeu des générations successives arriverait à produire plus de 5598 milliards d'individus! Les expériences que j'ai poursuivies sur la question m'amènent à considérer ce chiffre déjà énorme comme infiniment au-dessous de la réalité.

A l'étuve à 20° C., en cage de mousseline de $18^{cm} \times 20^{cm} \times 40^{cm}$, j'ai pu conserver des mouches en activité de ponte pendant un maximum de 2 mois et demi (76 jours). Si les conditions d'alimentation et de milieu sont favorables, les pontes, à cette température, commencent du 6e au 8e jour après

([1]) C. Hewitt, *The House-Fly*, Cambridge, 1914.

l'éclosion nymphale, et se répètent en moyenne tous les 4 jours, une seule ponte pouvant compter plus de 120 œufs. Pendant le premier mois, la production totale de 6 mouches femelles nourries de lait concentré a été de 2692 œufs, soit 105 œufs environ par semaine et par mouche. Pendant le deuxième mois, les mouches étant épuisées par la captivité, qui détermine la brisure précoce des ailes et compromet ainsi l'entretien normal des insectes, la production en œufs des mouches restantes est devenue environ moitié moindre.

La fécondité de la mouche domestique se montre en effet grandement influencée par les conditions d'alimentation et de milieu. Une alimentation azotée est indispensable pour le développement des œufs. Nourries de matières sucrées exclusives (saccharose, glucose, lactose, miel, confitures, etc.) les mouches restent indéfiniment stériles. Si à ce régime exclusif on ajoute un régime azoté (bouillon de viande, lait, sang, etc.) la ponte apparaît, d'autant plus abondante que le régime azoté devient prédominant. Les plus riches pontes ont été obtenues avec le lait concentré. Le crottin de cheval, milieu alimentaire normal des larves, est impuissant à provoquer la ponte chez les femelles nourries de matières sucrées.

Le *confinement*, très défavorable aux mouches domestiques, atténue considérablement leur fécondité et leur longévité. Tandis que 6 mouches sur 6, en cours de ponte, ont dépassé 40 jours dans une cage de 20^{cm} de hauteur, sur 18^{cm} de large et 40^{cm} de longueur, sur 5 mouches ♀ placées dans de petites cages basses et étroites de $4^{cm} \times 8^{cm} \times 14^{cm}$, 2 seulement ont dépassé un mois d'existence. De plus, la production en œufs, de ce dernier lot, au cours du premier mois (120 œufs par mouche) a été près de 4 fois moindre que celle des mouches placées dans des cages de $18^{cm} \times 20^{cm} \times 40^{cm}$ (448, 6 œufs par mouche), pour les mêmes conditions d'alimentation et de température.

Les mouches paraissent surtout sensibles au défaut de vol. Leur fécondité s'épuise très vite lorsque les ailes sont lésées. Dans l'appréciation par les méthodes de la captivité des facultés réelles de reproduction de la mouche domestique, il faut par conséquent tenir compte de cet important facteur.

D'après mes expériences, j'estime à un minimum de 600 œufs la production moyenne d'une mouche normale, en 40 à 60 jours, au cours des mois chauds. En ne comptant pour chaque mouche nouvellement éclose qu'une capacité de ponte de 100 œufs, limitée à la première semaine de son existence, et en admettant que les générations, de l'œuf à la ponte, évoluent en

18 jours (¹), on peut calculer que du 1ᵉʳ mai au 30 septembre, une seule mouche à cette date aura pu donner naissance à près de 4000 trillions d'individus (²). Ce chiffre fantastique est encore infiniment éloigné de la réalité puisque, pour la plupart des générations en cause, la production moyenne pourrait être 6 fois plus élevée. Il donne une idée, cependant, des difficultés que l'on peut rencontrer à entreprendre une lutte vraiment efficace contre une telle puissance multiplicatrice.

ZOOLOGIE. — *Les huîtres perlières sur la côte de Madagascar.*
Note de M. A. GRUVEL, présentée par M. L. Joubin.

Depuis plus de quinze ans, soit seul, soit avec nos collaborateurs, nous poursuivons l'inventaire scientifique d'abord, puis l'exploitation industrielle de nos richesses marines et coloniales.

C'est ainsi qu'en Afrique occidentale, en Afrique équatoriale, en Indo-Chine, à Madagascar, aux Antilles, etc., sont actuellement poursuivies des recherches qui ont pour but principal de faire connaître au monde scientifique, puis aux industriels français, la richesse que nos mers coloniales sont capables de mettre à leur disposition, afin d'éviter, dans la mesure du possible, les achats métropolitains à l'étranger, et contribuer, par cela même, au développement général de notre industrie et au rétablissement des finances publiques.

En ce qui concerne Madagascar tout particulièrement, on ne sait à peu près rien sur les formes qui se tiennent dans des fonds inaccessibles à la main ou aux engins indigènes (encore très rustiques). Il existe sur les côtes de la grande île des gisements d'huîtres à nacre et d'huîtres perlières, exploités par eux d'une façon tout à fait primitive et sans ménagement pour la conservation des espèces. De sorte que si, très rapidement, on n'y mettait pas bon ordre, il se produirait (là comme il s'est produit ailleurs) une destruction à peu près complète de ces formes si intéressantes.

La question des huîtres perlières n'avait jamais été, en effet, jusqu'ici, étudiée d'une façon sérieuse à Madagascar. On ne connaissait ni la répartition des espèces, ni leur biologie.

(¹) Il faut souvent 13 jours à peine.
(²) Exactement 3985969387755100 individus ailés.

M. Petit a réussi, par une étude très approfondie, faite en plein hivernage et dans des conditions pénibles, à mettre en lumière les caractéristiques de bancs perliers de la région nord-ouest, et a fourni sur la biologie des huîtres, des renseignements très intéressants. Les industriels sauront à quoi s'en tenir sur la valeur, la richesse des bancs, et le gouvernement local pourra proposer, à bon escient, des mesures de conservation.

Il existe à Madagascar au moins trois espèces d'huîtres perlières : *Meleagrina margaritifera* L. ; *M. irradians* Reeve, et *M. occa* Reeve.

La première espèce, qui semble très rare dans la région nord-ouest de Madagascar, ne mesure que de 12^{cm} à 13^{cm}. La nacre en est peu épaisse et n'a rien à comparer au point de vue de la qualité à celle qu'on rencontre dans nos possessions de l'Océanie. Il faut ajouter que cette forme contient très rarement des perles fines. Celles-ci se trouvent en nombre beaucoup plus considérable dans les deux autres espèces : *M. irradians* et *M. occa*. Ces dernières forment des bancs très étendus, placés dans des herbiers à Cymodocées, situés au-dessous des basses mers de grande marée jusqu'à des profondeurs de 6^{m} à 10^{m}. Les méléagrines, dont le plus grand diamètre ne dépasse guère 7^{cm}, sont fixées par leur byssus sur des couches de Cymodocées, sur des Algues, des Pinna, des Tridacnes, des Éponges, etc., parfois en véritables guirlandes de 50^{cm} à 1^{m} de longueur. Leur période de reproduction va de novembre-décembre à février-mars, exactement le contraire de ce qui se produit en France pour l'huître comestible. C'est là un point important pour la réglementation.

Tous les gisements ne sont pas perliers. Quelques-uns sont connus, la plupart sont ignorés. Les perles qu'on trouve dans les méléagrines sont toujours libres dans les tissus de l'animal (manteau ou foie). Leur diamètre varie de $1^{mm},5$ à 5^{mm}, ce qui correspond environ de 0,5 à 4 grains. Celles qui atteignent 4^{mm} ou 5^{mm} sont assez rares, mais non exceptionnelles. Les plus petites sont fréquentes. Les unes sont rondes avec un bel orient, d'autres ont des formes variées, en boutons, en poires, en œufs.

M. Petit qui a étudié la formation de la perle a pu vérifier l'exactitude de la théorie de M. L. Diguet.

Son origine est une vésicule épithéliale close, résistante, contenant un liquide hyalin, qui s'épaissit progressivement, devient gélatineux et se transforme en conchyoline. Puis, il se produit une contraction de cette masse et une stratification concentrique. Enfin, il se fait une calcification par dépôt du carbonate de chaux en solution dans les liquides physiologiques, qui pénètrent entre les feuillets de conchyoline. La perle terminée

est donc contenue dans une vésicule matrice, qui s'use et libère la perle.

Pour les perles de nacre, l'origine semble être toujours un corps étranger, qui s'introduit entre la coquille et le manteau, et qui est enrobé par les couches de nacre concentriques. On trouve dans ces formations des animaux et corps inertes : fragments de coquilles, débris d'annélide, morceaux d'éponge, etc.

Les Hindous achètent ces perles qui deviennent alors des perles de Ceylan!

ZOOLOGIE. — *Sur les services que la radiographie peut rendre dans l'étude des Clypeastridés*. Note de M. **R. Kœhler**, présentée par M. L. Joubin.

On sait que les représentants des diverses familles des Clypeastridés (Oursins irréguliers à corps très aplati) possèdent un squelette interne consistant en cloisons ou piliers qui s'étendent verticalement de la face dorsale à la face ventrale du test. Ces piliers se montrent surtout dans la région périphérique du corps où elles forment une bordure parfois très épaisse qui rétrécit plus ou moins fortement la cavité générale; dans le genre *Clypeaster*, ces piliers existent aussi dans la région centrale de cette cavité; ils traversent le tissu des glandes génitales, mais laissent toujours une place libre pour le tube digestif. Ils peuvent rester simples ou au contraire fournir des branches latérales susceptibles de se ramifier ou de s'anastomoser formant un ensemble parfois très compliqué dont la forme varie avec les espèces et reste caractéristique de chacune d'elles; aussi une bonne description d'une espèce de Clypeastridés doit-elle comprendre à la fois des indications sur les caractères extérieurs du test et sur la structure du squelette interne.

Pour étudier ce squelette, il est nécessaire d'enlever l'une des faces du corps, opération souvent assez délicate d'ailleurs, et qui a l'inconvénient de détériorer et même de rendre inutilisable l'échantillon : cela n'a pas grande importance quand on possède plusieurs exemplaires de la même espèce, mais lorsqu'il s'agit d'échantillon unique, on hésite naturellement à lui faire subir cette détérioration.

J'ai pensé qu'en radiographiant des *Clypeaster*, il serait possible d'avoir des épreuves sur lesquelles le squelette interne se montrerait visible et pourrait être étudié; j'ai été assez heureux pour obtenir des radiographies bien réussies sur lesquelles le squelette interne apparaît avec la plus grande net-

teté, et qui laissent même reconnaître le trajet du tube digestif. J'ai l'honneur de présenter à l'Académie quelques-unes de mes radiographies qui ont été faites à Lyon dans les laboratoires de MM. Lumière et avec leur concours.

Pour avoir le maximum de netteté, il est indispensable d'opérer sur un tube *très mou* et de poser assez longtemps; j'ai employé un tube Pilon et la durée de pose varie entre 10 et 20 secondes.

J'attirerai plus particulièrement l'attention sur la radiographie d'un grand *Clypeaster* provenant de la mer Rouge et dont il n'existe qu'un seul exemplaire au Jardin des Plantes. C'est une espèce nouvelle que je décrirai sous le nom de *Clypeaster amplificatus*. Les piliers internes offrent une structure très compliquée dont il aurait été impossible de se faire une idée sans la radiographie, car il ne pouvait être question d'enlever une des faces de l'échantillon pour en étudier la structure interne; le trajet du tube digestif se montre avec la plus grande netteté sur les épreuves radiographiques.

Les autres épreuves que je soumets à l'Académie montrent les très grandes variations que peuvent présenter dans leur manière d'être les piliers et les cloisons internes. J'ai réuni sur la même feuille trois épreuves, l'une de la *Peronella Lesueuri* où les piliers, très développés et plusieurs fois ramifiés, forment un ensemble très élégant, et l'autre d'un *Clypeaster* nouveau provenant de l'océan Indien que je décrirai sous le nom de *Clypeaster annandalei*, où les cloisons périphériques forment une bande très étroite et les piliers centraux restent rudimentaires. La troisième radiographie, qui se rapporte à l'*Echinodiscus auritus*, espèce d'assez grande taille, montre la disposition particulière des cloisons internes et la boucle très curieuse que forme le tube digestif.

Voici aussi quelques épreuves de trois espèces de *Laganum*: l'une nouvelle est représentée au Jardin des Plantes par deux échantillons provenant des côtes de Mozambique et que je décrirai sous le nom de *Laganum Joubini*. Les deux autres sont des *Laganum depressum* et *tonganense;* ces deux espèces sont assez voisines l'une de l'autre, elles diffèrent cependant par la longueur des pétales, la position des pétales et la forme des pédicellaires. Cependant le *Laganum tonganense*, établi autrefois par Louis Agassiz, avait été considéré par les auteurs modernes comme synonyme du *L. depressum*. Or la radiographie montre de la manière la plus nette des différences très importantes dans la structure du squelette interne qui est assez rudimentaire chez le *L. depressum*, et très développé au contraire chez le *L. tonganense*.

Le *Laganum Joubini* offre des caractères intermédiaires tout en se rapprochant davantage du *L. tonganense*. J'avais d'abord hésité à en faire une espèce nouvelle, mais l'examen des radiographies qu'il m'a fournies a levé toutes mes hésitations et montré que l'espèce était bien différente par sa structure interne du *L. depressum*.

On voit donc les services que la radiographie peut rendre aux zoologistes pour l'étude de groupes, tel que les Clypeastridés, qui possèdent un squelette interne susceptible d'offrir des caractères variant d'une espèce à l'autre.

ZOOLOGIE. — *Coopération du dirigeable à la pêche maritime.* Note de M. **H. Heldt**, présentée par M. L. Joubin.

Au cours de l'été dernier j'ai effectué des expériences en vue d'étudier les applications possibles de l'aviation et de l'aérostation à la pêche. Des observations avaient déjà été faites en hydravion sur la visibilité sous-marine, notamment par M. le lieutenant de vaisseau Pouyer. Il m'a été possible, au cours d'un vol sur un appareil de la « Compagnie Aérienne Française » entre Saint-Lunaire et Cancale, de vérifier les résultats obtenus.

D'autre part, une sortie d'une journée entière au-dessus de la mer à bord d'un dirigeable prêté bénévolement par la Marine, m'a permis de compléter ces résultats et de jeter les bases d'un programme de collaboration du pilote aérien et du pêcheur.

L'appareil que M. le capitaine de frégate Rivet, commandant le centre de Rochefort mit à ma disposition, était le *Zodiac DZ*-3 de 6000^{m^3} actionné par deux moteurs de 150 HP pouvant donner une vitesse de 80^{km} à l'heure.

La région survolée comprend toute la zone côtière de Rochefort à l'île d'Yeu jusqu'à une distance de 15 milles au large, soit un parcours de 230 milles dans une région poissonneuse.

Des observations purent être faites dans des conditions de visibilité diverses. Par temps couvert et quelque peu brumeux, l'altitude optimum était entre 50^m et 100^m. On distinguait bien alors les objets flottants : paquets de varechs, os de seiches, flottes de liège des filets. On reconnaissait à l'œil nu les méduses, nombreuses dans ces parages, et il était possible de suivre à la jumelle les contractions rythmiques de leur ombrelle. Par temps clair, les meilleurs résultats furent obtenus à 150^m. Il n'est pas utile de s'élever davantage, la visibilité à cette altitude étant très nette et le champ embrassé suffisamment vaste.

Nous avons noté des transparences inégales suivant les endroits : les eaux sont troubles dans la baie d'Aiguillon, parfaitement limpides plus au large, sur fond de sable et aux abords des massifs rocheux.

Nous avons observé des différences de coloration correspondant à la nature des fonds. Le sable, le gravier, les coquilles brisées, s'indiquent en plages claires que l'on distingue nettement de la vase plus foncée et des rochers plus sombres encore. Ces diverses colorations apparaissent avec plus de netteté encore à l'observateur en avion qui peut plafonner à une altitude beaucoup plus grande.

Ces renseignements ont déjà permis de tracer des cartes et de découvrir des hauts-fonds qui avaient échappé jusqu'alors à la sonde. Ils sont en outre précieux pour le pêcheur. Ils indiquent au voilier les couloirs de sable ou de vase où il pourra traîner son chalut avec profit, la ligne de rochers au bord de laquelle il devra tendre ses cordes ou mouiller ses casiers.

D'autres teintes très nettes et ne tenant plus à la nature du fond, isolent à l'embouchure des fleuves la zone des eaux saumâtres et dessinent les courants en longues routes claires.

Les poissons nageant en surface ou à quelques brasses de fond sont parfaitement visibles. Les sardines, par exemple, apparaissent sous forme de petites taches grises oblongues, et quand on survole un de leurs bancs, on voit ces petites taches, toutes semblablement orientées, effectuer simultanément de brusques changements de direction. Le Soleil, jouant alors sur leurs écailles, produit un scintillement caractéristique. A cet éclat, différent suivant les espèces, les pêcheurs savent distinguer les sardines des sprats. L'allure parfois typique, permet aussi à l'observateur quelque peu exercé d'identifier certaines autres espèces (*Trachurus*, Scomber, etc.).

Au cours de notre voyage, un banc important de sardines a été vu dans le Pertuis Breton, par le travers du phare des Baleines; un autre a été survolé quatre milles plus loin dans la direction des Sables-d'Olonne; un troisième à trois milles au sud des Sables, se montra allongé Nord et Sud ; un banc de « Chichards » (*Trachurus trachurus*) fut reconnu à mi-route des Sables, à l'île d'Yeu ; enfin, à l'aller et au retour, de nouveaux bancs furent découverts à trois milles au large de la pointe du Corbeau.

L'observateur en dirigeable peut donc voir et reconnaître les bancs de poissons; il peut aussi les rechercher et les découvrir. La vitesse de l'appareil et le grand champ que la vision embrasse lui permettent d'explorer en peu de temps de vastes étendues. Certains indices peuvent le guider sûrement. Les marsouins, les bélugas et les oiseaux de mer pourchassent la

sardine dont ils se nourrissent; on peut, de leur rassemblement et de leurs évolutions, déduire la présence du poisson. C'est en rejoignant des marsouins dans le Pertuis Breton et des mouettes près de l'île d'Yeu que nous avons découvert des bancs de sardines.

Le poisson trouvé, il reste à prévenir le pêcheur. La chose est possible à l'avion au moyen de signaux ou de bouées de correspondance. Elle est beaucoup plus facile pour le dirigeable. Il peut laisser pendre, à l'extrémité d'une amarre, un tableau noir portant les indications, ou mieux, descendre assez bas pour que, les moteurs stoppés, on puisse causer au porte-voix. La supériorité du dirigeable est sur ce point incontestable, et le succès de sa coopération à la pêche sardinière en particulier semble assuré.

MÉDECINE. — *Glaucome et rapports entre la pression intra-oculaire et intra-cranienne.* Note de M. **Casimir Noiszewski.**

Depuis longtemps il est admis que l'augmentation de la pression hydrostatique dans l'œil exerce une influence sur la pression hydrostatique dans le crâne.

Selon Knoll, une simple compression du globe oculaire augmente considérablement la pression dans le crâne et presse le liquide céphalo-rachidien sur la membrane atlanto-occipitale.

Au contraire, si l'on augmente la pression intra-cranienne par une injection sous la dure-mère, l'excavation physiologique du fond de l'œil disparaît.

Chaque modification dans l'équilibre entre la pression hydrostatique dans l'œil et dans le crâne se traduit immédiatement sur la papille du nerf optique : il se produit une papillite glaucomateuse si la pression est plus grande dans l'œil que dans le crâne, ou œdémateuse si la pression est plus grande dans le crâne que dans l'œil.

Tous les symptômes du glaucome ne sont qu'une conséquence de l'augmentation de la pression intra-oculaire : l'excavation du nerf optique et la perte de la vue sont les plus importantes de ces conséquences. Pourtant il est des cas où l'augmentation de la pression hydrostatique existe, sans qu'il y ait excavation du nerf optique; quelquefois, au contraire, on peut constater une excavation profonde et un abaissement considérable de la vue avec une augmentation à peine perceptible ou nulle de la pression hydrostatique dans l'œil.

La pression hydrostatique peut se maintenir normale dans le glaucome

simple, et c'est pourquoi Græfe décrivit autrefois le glaucome simple comme une amaurose avec excavation du nerf optique.

Aujourd'hui tout le monde sait que le glaucome simple est toujours du glaucome; mais, aujourd'hui comme autrefois, la cause de l'excavation du nerf optique sans augmentation de la pression hydrostatiqne est énigmatique.

Heilbrun (¹) conclut de ses recherches que la pression hydrostatique intra-oculaire normale oscille entre 12^{mm} et 27^{mm} Hg, mais qu'une pression oculaire inférieure à 27^{mm} peut être encore glaucomateuse. En acceptant une aussi grande oscillation de la pression hydrostatique normale et en acceptant la même pression une fois pour normale, une autre fois pour glaucomateuse, Heilbrun veut à tout prix prouver que, dans le glaucome simple, il existe toujours une augmentation de la pression hydrostatique oculaire.

Mais Schütz a trouvé dans des yeux normaux des pressions de 33^{mm} et même 35^{mm} Hg; d'autre part, Braita a vu que l'excavation glaucomateuse a lieu avec des pressions intra-oculaires de $14^{mm},5$ Hg et même de $8^{mm},5$ Hg.

L'augmentation de la pression intra-oculaire peut être absolue ou relative. Dans le glaucome aigu et chronique, l'augmentation de la pression est absolue; c'est l'absence de l'augmentation de la pression intra-oculaire dans le glaucome simple qui donne l'idée de l'augmentation relative de la pression hydrostatique dans l'œil.

Le glaucome simple est le résultat de l'abaissement de la pression hydrostatique dans le crâne.

La pression hydrostatique oculaire peut être normale, mais plus élevée que la pression dans le crâne; la question a été résolue expérimentalement chez les animaux et par des observations cliniques chez l'homme.

Chez les chiens craniutomisés dans le but d'abaisser la pression hydrostatique dans le crâne, on a pu voir clairement sur des coupes de la papille du nerf optique l'excavation de cette papille et le recul de la lame criblée.

Les observations cliniques, je les ai faites sur des personnes à qui j'ai pratiqué la ponction lombaire dans un but de cytodiagnostic : il y a des malades qui, pendant l'écoulement du liquide céphalo-rachidien et un certain temps après la ponction lombaire, se plaignent de douleurs au front, aux tempes, d'obnubilation de la vue et de la vision d'un arc-en-ciel entourant une flamme.

(¹) GRÆFE, *Arch. f. ophthalm.*, 1911, Band 79, Heft 2.

MÉDECINE. — *Localisation des poisons et des infections sur les systèmes neuro-musculaires de l'homme suivant leurs chronaxies.* Note (¹) de M. **Georges Bourguignon**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans le pli cacheté déposé en 1916 à l'Académie des Sciences et ouvert le 17 mai 1921, j'ai indiqué que le plomb se localise, au membre supérieur, sur les systèmes neuro-musculaires qui ont la chronaxie la plus grande (la chronaxie, caractéristique d'excitabilité, introduite par Lapicque, est le temps de passage du courant nécessaire pour obtenir le seuil de la contraction avec une intensité double de celle qui donne le seuil avec une fermeture brusque de courant continu).

Si l'on étudie la manière dont se localisent, sur les nerfs et les muscles, les différents poisons qui causent les principales intoxications en pathologie humaine, on voit que les poisons se fixent d'abord sur certains groupes neuro-musculaires, respectent les autres, et que tous les groupes pris ont la même chronaxie.

Ces localisations électives ne s'observent avec netteté que dans les intoxications par petites doses répétées, ce qui est le cas le plus fréquent en pathologie humaine.

Ainsi, au membre supérieur, le plomb se localise sur les muscles innervés par le nerf radial, *à l'exception du long supinateur.* Les radiaux sont généralement moins paralysés et sont souvent complètement respectés au début.

Or, en se reportant aux valeurs normales de la chronaxie de l'homme que j'ai données (²), on voit que les muscles paralysés par le plomb dans le domaine radial sont d'abord exclusivement tous les muscles de grande chronaxie (extenseurs, $0^s,00050$), puis les muscles de chronaxie moyenne (radiaux, $0^s,00025$), et que le muscle respecté, le long supinateur, a une petite chronaxie ($0^s,00010$).

A l'exception du plomb, la plupart des poisons (alcool, arsenic, sulfure de carbone, oxyde de carbone) se localisent d'abord aux membres inférieurs, et principalement sur le domaine du nerf sciatique poplité externe

(¹) Séance du 21 novembre 1921.

(²) G. Bourguignon, *Comptes rendus*, 17 juillet 1916, 29 janvier 1917 et 29 mars 1917; *Bull. Soc. Biol.*, 1ᵉʳ juillet 1916, juillet 1917; *Revue neurologique*, juillet 1917; *Bull. Soc. franç. d'Électrothérapie et Radiologie*, janvier 1920.

(extenseurs) [1]. Lorsque l'intoxication est légère, le poison se localise exclusivement sur le domaine du nerf sciatique poplité externe, *à l'exception du jambier antérieur*. C'est le cas constant pour le plomb, lorsqu'il se localise aux membres inférieurs; cette même localisation s'observe dans la paralysie alcoolique d'après J. Déjerine [2], et dans la paralysie arsénicale, d'après mes propres observations.

Quand l'intoxication s'étend, elle atteint d'abord le jambier antérieur, puis les muscles antérieurs de la cuisse, et en dernier lieu, et toujours très modérément, les muscles postérieurs de la jambe et de la cuisse.

Dans les névrites infectieuses, on observe la même localisation [3] et le même ordre d'envahissement des divers groupes neuro-musculaires.

Dans la paralysie infantile même, qui est une infection localisée aux cellules motrices de la corne antérieure de la moelle, on observe une distribution analogue, et, généralement, le jambier antérieur a le même sort que les muscles antérieurs de la cuisse.

Or au membre inférieur, le jambier antérieur, quoique innervé par le nerf sciatique poplité externe, a une chronaxie de $0^s,00020$ [4] plus petite que celle du reste du domaine de ce nerf ($0^s,00035$) et très voine de celle des muscles antérieurs de la cuisse ($0^s,00014$). Les poisons et infections se localisent donc, aux membres inférieurs, sur les nerfs et muscles de chronaxie moyenne ($0^s,00035$), pour atteindre ensuite les systèmes neuro-musculaires de petite chronaxie (jambier antérieur, $0^s,00020$); muscles antérieurs de la cuisse ($0^s,00014$) et respecter les nerfs et muscles de grande chronaxie ($0^s,00055$, muscles postérieurs de la cuisse et de la jambe). Il y a donc une relation très nette entre la localisation des poisons et des infections des nerfs et muscles de l'homme et la chronaxie.

La physiologie expérimentale montre d'ailleurs les faits analogues. Claude Bernard fait remarquer que le curare, donné à petites doses, ne paralyse pas d'emblée tous les muscles, mais successivement dans un ordre constant : « D'abord, ce sont les nerfs des membres postérieurs, puis ceux des membres antérieurs, du larynx, de la face, et ce sont les nerfs respiratoires qui persistent les derniers [5] ».

---

[1] J. DÉJERINE, *Séméiologie des affections du système nerveux*, 1914, p. 277, 377 et 606.

[2] J. DÉJERINE, *Séméiologie des affections du système nerveux*, 1914, p. 377.

[3] J. DÉJERINE, *loc. cit.*, p. 377.

[4] G. BOURGUIGNON, *Comptes rendus*, t. **160**, 1917, p. 866.

[5] CL. BERNARD, *Leçons sur la chaleur animale*, 1876, p. 60 et 61.

Or, M. et Mme Lapicque ([1]), dans leurs études sur le curare, ont montré que les muscles des animaux sont d'autant plus sensibles au curare que leur chronaxie est plus petite, et qu'ils sont envahis dans l'ordre de leurs chronaxies.

J. Déjerine, à propos des localisations électives des poisons et infections, dit : « La pathogénie de ces névrites dissociées est du reste encore tout entière à faire ([2]) ».

Mes recherches, qui établissent une relation entre la localisation des poisons et des infections chez l'homme et la chronaxie, d'accord avec les recherches de L. et M. Lapicque sur la localisation du curare, apportent une première pierre à l'étude de cette pathogénie.

D'autres causes doivent intervenir, car rien actuellement ne permet d'expliquer pourquoi, chez l'homme, au membre supérieur, c'est sur les nerfs et muscles qui ont les chronaxies les plus grandes que se localise le plomb, alors qu'au membre inférieur, ce sont les nerfs et muscles de chronaxie moyenne qui sont les plus sensibles à l'action du plomb aussi bien qu'à celle des autres poisons et des infections.

Quoi qu'il en soit, on peut tirer de ces recherches les conclusions suivantes :

1° Les poisons et les infections se localisent sur les nerfs et muscles suivant leurs chronaxies. Au membre supérieur, les nerfs et muscles les plus sensibles sont ceux de grande chronaxie ($0^s,0005$); au membre inférieur, ce sont les nerfs et muscles de chronaxie moyenne ($0^s,00035$) qui sont les plus sensibles.

2° Tous les nerfs et muscles qui, dans un membre, ont la même chronaxie, ont à la fois les mêmes fonctions et les mêmes aptitudes pathologiques. La chronaxie exprime donc toutes les propriétés biologiques des nerfs et des muscles, aussi bien à l'état normal qu'à l'état pathologique.

Peut-être, s'il est permis de hasarder une hypothèse, la localisation des secrétions internes agissant sur tel organe et non sur tel autre, et la localisation des auto-toxines (hépato-toxines, néphro-toxines) s'expliquent-elles par les différences des chronaxies des nerfs des différents organes.

([1]) L. et M. Lapicque, *Action du curare sur les muscles d'animaux divers* (*Bull. Soc Biol.*, t. 68, n° 24, 17 juin 1910).

([2]) J. Déjerine, *loc cit.*, p. 377.

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Anatomie et Zoologie, par l'organe de M. *E.-L. Bouvier*, remplaçant le Doyen empêché, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Edmond Perrier* :

En première ligne	M. **Charles Gravier**
En seconde ligne, ex æquo et par ordre alphabétique	MM. **Maurice Caullery** **Félix Mesnil** **Louis Roule**
En troisième ligne, ex æquo et par ordre alphabétique	MM. **Raoul Anthony** **Louis Lapicque**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17 heures trois quarts.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 21 novembre 1921.)

Note de MM. *E. Berger* et *G. Crut*, Sur l'équilibre de réduction du chlorure de nickel par l'hydrogène :

Page 978, ligne 17, remplacer dans le troisième terme de la formule T^2 par T.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 DÉCEMBRE 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

Par l'unanimité de 48 votants, M. **A. Haller** est élu vice-président de l'Académie pour l'année 1922.

Par l'unanimité de 32 votants, MM. **P. Appell** et **L. Guignard** sont élus Membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Durand**, professeur de l'Université de Stanford (Californie), et à M. **Gorini**, professeur de l'Université de Turin, qui assistent à la séance.

M. le **Président** annonce que l'Ouvrage de M. **A. Lacroix** : *Déodat Dolomieu, Membre de l'Institut national*, est en distribution au Secrétariat.

MÉDECINE VÉTÉRINAIRE. — *Résumé d'expériences sur la fièvre aphteuse.* Note de MM. **E. Roux**, **H. Vallée**, **H. Carré** et feu **Nocard**.

La lutte contre la fièvre aphteuse a sollicité l'attention de plusieurs gouvernements et, de divers côtés, une étude expérimentale de la redoutable épizootie a été engagée en des centres spécialement aménagés à cet effet.

Les uns par nécessité économique, les autres par lassitude, ont abandonné des recherches ingrates et en apparence infécondes. Quelques-uns se sont heurtés à des difficultés que nous avons rencontrées nous-mêmes.

Toujours dans l'attente de la solution complète d'un problème qui apparaît insoluble au plus grand nombre, nous pensons être utiles aux chercheurs en résumant ici quelques faits acquis au cours des recherches que nous poursuivons à la demande du Gouvernement français depuis 1901 et qui n'ont été interrompues que peu de temps avant la guerre et durant toute celle-ci.

Devant l'impossibilité éprouvée par tous les chercheurs d'obtenir l'agent spécifique en culture pure, chacun s'est efforcé d'entretenir le virus aphteux par passages successifs chez les espèces sensibles. Comme Löffler et Frosch, nous avons utilisé le porcelet dans ce but. Entre chaque passage, le virus récolté était conservé au frigorifique à des températures inférieures à 0°.

La quantité de virus obtenue de la sorte reste limitée quels que soient le mode d'inoculation utilisé et les artifices mis en œuvre pour en améliorer le rendement. Bactériologiquement impure, la lymphe des vésicules, pas plus que les épanchements séreux, ne conservent leur virulence intégrale durant plus de trois semaines au frigorifique. Dans les cas exceptionnels où la virulence persiste après deux mois de réfrigération, on la trouve singulièrement affaiblie.

En nombre de cas, faute d'individus sensibles, la série des passages se trouve interrompue; en d'autres le virus paraît subitement perdre sa virulence.

Comme source de virus, le sang récolté à la période d'ascension thermique chez des génisses infectées est de beaucoup préférable. De ce point de vue le porc est inutilisable. Nous proscrivons de notre technique l'usage des anticoagulants et lui substituons l'emploi de la défibrination mécanique.

Inclus en ampoules scellées ou même simplement en flacons bouchés au caoutchouc, le sang défibriné virulent conserve au frigorifique son pouvoir infectant durant plusieurs mois. Point n'est besoin pour cela d'utiliser des températures inférieures de beaucoup à 0°. La conservation de la virulence est assurée d'une manière courante durant 2 et 3 mois entre —1° et —2°. Des échantillons de sang se sont révélés virulents après plus de 6 mois de conservation.

Fait à noter, les souillures accidentelles qui, malgré les précautions prises, interviennent en certaines récoltes, semblent n'exercer aucune action

fâcheuse sur la conservation du virus. La dilution, par contre, est nocive; depuis 20 ans nous notons la fragilité extrême des virus étendus d'eau et celle, notamment, des dilutions virulentes en eau physiologique filtrées sur bougies.

Si l'on recherche la teneur en virus du sang et des lymphes ou sérosités récoltés chez un même malade, la préférence va à la lymphe des aphtes et mieux encore au produit de broyage des lambeaux de l'épithélium desquamé qui, comme nous l'avons déjà indiqué, renferme davantage de virus que tout autre produit organique. Broyages épithéliaux et lymphes sont encore infectants après dilution au $\frac{20}{1000}$. Les épanchements péricardiques le sont jusqu'au $\frac{1}{1000}$, tandis que le sérum sanguin virulent cesse de révéler son pouvoir pathogène avec régularité si on l'inocule à des doses inférieures à $\frac{1}{5}$ de centimètre cube, même selon des modes que nous avons reconnu les moins propres à la phagocytose du virus, telles l'inoculation intra-dermique et l'inoculation intra-musculaire.

C'est bien à tort, selon nous, que l'on considère la virulence aphteuse comme essentiellement fragile.

La dessiccation notamment n'exerce point sur elle l'influence fâcheuse qu'on lui prête. Dès 1902, nous constations que des lymphes rapidement desséchées dans le vide sur lames de verre, puis abandonnées à la température du laboratoire, restent virulentes pour le porcelet après 7, 11 et 18 jours de conservation.

Des recherches récentes portant sur des quantités massives de sérum sanguin virulent nous ont donné des résultats analogues. La conservation est obtenue durant un temps qui varie, selon les expériences, de 20 à 105 jours. Parfois, l'infection ne se traduit qu'après une incubation nettement plus longue qu'il est de règle. Lorsqu'elle ne survient pas, l'animal traité n'en reste pas moins sensible à une épreuve virulente régulière.

Le même résultat décevant est d'ailleurs relevé chez les sujets qui reçoivent impunément des sangs et lymphes virulents dépossédés de leur pouvoir pathogène par vieillissement.

De tout l'ensemble de nos recherches, une constatation très nette se dégage pour nous : hormis l'inoculation intra-dermique et l'inoculation intra-musculaire qui représentent, surtout avec des substances riches en éléments figurés et difficiles à résorber, des modes sévères d'introduction du virus, hormis l'inoculation intra-veineuse parfois redoutable dans ses effets, tous les modes expérimentaux de l'infection aphteuse sont incomparablement moins sévères que les formes de la contagion naturelle.

Dûment provoquée une fièvre aphteuse expérimentale ne détermine jamais, en principe, que des localisations buccales sans manifestations mammaires ou digitées. Limitée à cette forme évolutive, l'infection aphteuse ne représente plus la maladie grave que redoutent les éleveurs.

Il y a plus de 30 ans déjà, Nosotti [1] considérait comme un moyen d'immunisation l'inoculation sous-cutanée de lymphe virulente et l'on s'explique mal, malgré les insuccès enregistrés, que ses indications n'aient point retenu l'attention.

Nous avons, dès le début de nos recherches, repris cette question et nos constatations sur les conditions les plus favorables à la résorption du virus aphteux nous conduisent à utiliser, pour la pratique de l'aphtisation sous-cutanée, du sérum sanguin virulent limpide, stabilisé par un séjour d'au moins un mois au frigorifique. Il est d'ailleurs d'un intérêt évident de substituer à l'usage d'un sérum de virulence inconnue ou incertaine tel qu'on en récolte chez un malade, celui de sérums obtenus de virus de passage disponibles à tout instant, d'activité certaine et titrés.

La dose à inoculer sous la peau, d'après nos très nombreuses expériences, ne peut être inférieure à 1^{cm^3}. Des quantités plus élevées sont parfois fâcheuses; moindres elles ne déterminent l'infection que chez la moitié environ des bovidés traités sans que l'immunité soit en rien conférée aux sujets qui n'ont point réagi. C'est là un exemple nouveau d'un fait sur lequel nous avons de longue date attiré l'attention.

Pratiquée dans les formes requises chez des animaux au repos, à l'étable, l'aphtisation expérimentale ne provoque qu'une évolution buccale simple de l'infection, sans ces localisations digitées ou mammaires qui assignent à la maladie un caractère redouté des éleveurs. Sur des centaines d'animaux inoculés selon ce mode tant au laboratoire qu'au dehors, nous n'avons relevé que deux fois des localisations digitées ou mammaires.

Si des résultats aussi encourageants doivent être obtenus d'une mise en pratique systématique de la méthode dans les foyers menacés, il deviendra possible de considérer la fièvre aphteuse comme aussi préjudiciable que la vaccine pour l'espèce bovine.

Peut-être notre élevage devra-t-il se contenter de semblables méthodes. Nos recherches nous permettent en effet de considérer comme fugace l'immunité antiaphteuse expérimentalement conférée. Totale au point que rien ne la surmonte dès qu'elle est constituée, nous l'avons vue disparaître en moins

(1) Nosotti, *Clinica Veterinaria*, 1885, f. 101.

de six mois jusque chez des sujets hypervaccinés et à l'égard du virus même utilisé dans leur immunisation. De telles constatations n'autorisent que de très médiocres espoirs.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la géométrie infinitésimale du complexe linéaire.* Note de M. C. **Guichard**.

Je suppose que l'on prenne comme point de départ un nombre limité ou illimité d'éléments géométriques (réseaux ou congruences) et que l'on effectue sur ces éléments les opérations focales, conjuguées, harmoniques. Je fais remarquer, en passant, que l'opération conjuguée permet d'augmenter ou de diminuer d'une unité l'ordre de l'espace dans lequel se trouve un élément. En effet, si l'on a une congruence dans un espace d'ordre $n+1$, sa trace sur l'espace d'ordre n est un réseau conjugué à la congruence; inversement, tout réseau d'un espace d'ordre n peut, d'une infinité de manières, être considéré comme la trace d'une congruence située dans un espace d'ordre $n+1$. En répétant indéfiniment les opérations indiquées, on obtient un ensemble d'éléments qui forment ce que j'appelle un *groupe*. Il est clair que si l'on connaît un élément d'un groupe, on pourra toujours, par les opérations indiquées, en déduire un des éléments choisis comme point de départ.

Le groupe le plus connu est celui qui contient tous les réseaux O dans un espace d'ordre quelconque. J'ai montré que ce groupe O peut être obtenu en prenant comme point de départ les réseaux O d'un plan. On a étudié un grand nombre de sous-groupes du groupe O; on peut citer, par exemple, le groupe obtenu en prenant comme point de départ les réseaux O de toutes les surfaces minima.

Un groupe qui n'a presque pas été étudié jusqu'ici est le *groupe du complexe linéaire*. On l'obtient en prenant comme point de départ toutes les congruences qui appartiennent à un complexe linéaire. Pour abréger j'appellerai ces congruences des congruences CL. Pour obtenir les propriétés essentielles des éléments de ce groupe il suffit de considérer ceux qui sont situés dans un espace d'ordre pair, l'espace en question contenant les plans perpendiculaires à l'axe du complexe. Je vais indiquer dans cette Note les résultats que j'ai obtenus.

J'emploie la notation suivante : si $x_1, x_2, \ldots, x_{2n}$, $y_1, y_2, \ldots, y_{2n}$

désignant deux systèmes de $2n$ quantités, je désigne par $[x, y]$ l'expression

$$[x, y] = x_1 y_2 - x_2 y_1 + x_3 y_4 - x_4 y_3 + \ldots + x_{2n-1} y_{2n} - x_{2n} y_{2n-1}.$$

Congruences. — Soient X_1, X_2, X_{2n} les paramètres de la droite qui décrit la congruence; ces paramètres sont solutions de l'équation

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 X}{\partial u \, \partial v} = \frac{1}{h} \frac{\partial h}{\partial v} \frac{\partial X}{\partial u} + \frac{1}{l} \frac{\partial l}{\partial u} \frac{\partial X}{\partial v} + RX.$$

Cela posé, la congruence sera L_{00} si l'on a

$$(2) \qquad \left[X, \frac{\partial X}{\partial u}\right] = h^2 U, \qquad \left[X, \frac{\partial X}{\partial v}\right] = l^2 V,$$

U et V étant respectivement des fonctions de u seul et de v seul. On suppose de plus que ces fonctions ne sont pas nulles. La congruence sera L_{10} si U seul est nul, L_{01} si V seul est nul, enfin L_{11} si U et V sont nuls. D'une manière générale la congruence sera L_{pq} si l'on a

$$(3) \qquad \begin{cases} \left[X, \dfrac{\partial^\alpha X}{\partial u^\alpha}\right] = 0 & (\alpha = 1, 2, \ldots, 2p - 1), \\ \left[X, \dfrac{\partial^\beta X}{\partial v^\beta}\right] = 0 & (\beta = 1, 2, \ldots, 2q - 1). \end{cases}$$

J'ai établi dans une Note précédente que si une congruence se projette sur un plan perpendiculaire à l'axe du complexe suivant une congruence plane L_{00}, cette congruence est parallèle à une congruence CL.

Réseaux. — Soient $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_{2n}, \eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_{2n}$ les paramètres normaux des tangentes au réseau. On sait que l'on a

$$(4) \qquad \frac{\partial \xi}{\partial v} = n\eta, \qquad \frac{\partial \eta}{\partial u} = m\xi.$$

Cela posé, le réseau sera Ω_{00} si l'on a

$$(5) \qquad [\xi, \eta] = -mU + nV,$$

il sera Ω_{10} si U seul est nul, Ω_{01} si V seul est nul, Ω_{11} si U et V sont nuls. D'une manière générale, le réseau sera Ω_{pq} si l'on a

$$(6) \quad [\xi, \eta] = 0, \quad \left[\xi, \frac{\partial^\alpha \xi}{\partial u^\alpha}\right] = 0, \quad \left[\eta, \frac{\partial^\beta \eta}{\partial v^\beta}\right] = 0 \quad \begin{pmatrix} \alpha = 1, 2, \ldots, 2p - 3 \\ \beta = 1, 2, \ldots, 2q - 3 \end{pmatrix}.$$

J'ai démontré, dans mon Cours de 1920-1921, que si un réseau de l'espace

ordinaire se projette sur un plan perpendiculaire à l'axe du complexe suivant un réseau Ω_{00}, ce réseau est parallèle à un réseau conjugué à une infinité de congruences C.L.

Propriétés de ces éléments. — L'espace d'ordre minimum $2n$ dans lequel existent les éléments définis est, pour une congruence L_{pq},

$$n = p + q + 1;$$

pour un réseau Ω_{pq},

$$n = p + q.$$

Si un réseau est Ω_{pq}, sa première congruence focale est $L_{p-1,q}$; la deuxième $L_{p,q-1}$.

Si une congruence est L_{pq} son premier réseau focal est $\Omega_{p+1,q}$; le deuxième $\Omega_{p,q+1}$.

Si un réseau est Ω_{pq} toute congruence conjuguée est du type L_{pq}. En général, ce sera la projection d'une congruence L_{pq} dans un espace d'ordre $2n+2$; il y a des congruences particulières L_{pq} dans l'espace d'ordre $2n$.

Si une congruence est L_{pq} tout réseau conjugué est Ω_{pq} d'ordre $2n$ ou $2n-2$.

Si un réseau est Ω_{pq} toute congruence harmonique est $|L_{p-1,q-1}|$ d'ordre $2n$ ou $2n-2$.

Si une congruence est L_{pq} tout réseau harmonique est $\Omega_{p+1,q+1}$ d'ordre $2n$ ou $2n+2$.

Remarque. — Les réseaux Ω_{pq} et les congruences L_{pq} n'ont été définies que dans le cas où p et q sont positifs ou nuls. Les propriétés qui précèdent permettent de les définir lorsque les entiers p et q sont négatifs.

Je suppose qu'un réseau situé dans un espace d'ordre $2n$ soit la projection d'un réseau Ω_{pq} situé dans un espace d'ordre $2n+2r-2$, je dirai que le réseau considéré est $r\Omega_{pq}$. On définit de même les congruences rL_{pq}. Cela posé on a le résultat suivant :

Tout élément du groupe du complexe linéaire situé dans les espaces indiqués est $r\Omega_{pq}$ ou rL_{pq}.

Loi d'orthogonalité des éléments. — La loi d'orthogonalité des éléments fait correspondre à un réseau du type Ω_{pq} un réseau du type $\Omega_{p'q'}$ et l'on a

$$p + p' = n, \qquad q + q' = n.$$

Elle fait correspondre à une congruence du type L_{pq} une congruence du type $L_{p'q'}$ et l'on a

$$p + p' = n - 1, \qquad q + q' = n - 1.$$

M. **Mesnager** s'exprime en ces termes :

Je fais hommage à l'Académie du *Cours de béton armé* que je viens de publier. Je me suis efforcé d'une part, en partant des propriétés individuelles des matériaux qui le constituent, d'arriver logiquement à celles de leur ensemble, d'autre part, de traduire les règles d'emploi sous formes d'abaques, évitant autant que possible des efforts intellectuels inutiles à ceux qui les utilisent.

On trouve dans ce Volume des renseignements sur les progrès les plus récents du calcul des plaques, sur le calcul à la torsion des bateaux, une méthode nouvelle pour le calcul des voûtes, évitant la seconde approximation que nécessitaient les procédés antérieurement employés, etc.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section d'Anatomie et Zoologie, en remplacement de M. *Edmond Perrier*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 60,

M. Charles Gravier	obtient.	26	suffrages
M. Félix Mesnil	»	25	»
M. Louis Lapicque	»	7	»
M. Maurice Caullery	»	2	»

Au second tour de scrutin, le nombre de votants étant 60,

M. Félix Mesnil	obtient	35	suffrages
M. Charles Gravier	»	25	»

M. **Félix Mesnil**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. **Paul Garrigou-Lagrange** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait d'une subvention accordée en 1918 sur le *Fonds Bonaparte*.

M. le **Chargé d'Affaires de la Légation de Finlande** fait hommage à l'Académie de la médaille frappée en l'honneur du troisième centenaire de la fondation de *Torneo*, ville où l'expédition scientifique française dirigée par Maupertuis séjourna en 1736 et 1737.

M. **Louis Lapicque** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Anatomie et Zoologie, par le décès de M. *Edmond Perrier*.

MM. **Charles Courtot**, **Georges Claude** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. *G. Grandidier*, au nom de la **Société de Géographie**, adresse des remercîments pour la subvention accordée sur le *Fonds Loutreuil*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Étude géométrique des transformations birationnelles et des courbes planes*, par Henri Malet. (Présenté par M. L. Lecornu.)

2° *Einstein et l'Univers. Une lueur dans le mystère des choses*, par Charles Nordmann. (Présenté par M. P. Painlevé.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les solutions méromorphes de certaines équations fonctionnelles*. Note de M. **Gaston Julia**.

Il s'agit ici, comme dans ma Note du 7 novembre 1921, de l'équation

$$G[R_1(Z)] = R_2[G(Z)], \tag{1}$$

où l'on peut supposer

$$R_1(o) = R_2(o), \quad R'_1(o) = S_1, \quad R'_2(o) = S_2, \quad |S_1| \text{ et } |S_2| > 1.$$

I. Y a-t-il des signes permettant de conclure à l'existence ou à l'impossibilité de solutions de (1) méromorphes dans tout le plan, sauf peut-être en un ou deux points singuliers essentiels?

La forme de la solution

$$G_{g_k}(Z) = \Gamma_2 \{ g_k [\gamma_1(Z)]^k \}$$

permet de conclure lorsque la surface de Riemann Σ_1, sur laquelle $\gamma_1(Z)$ est uniforme, est *symétrique*. C'est ce qui arrive si $[Z | R_1(Z)]$ est à cercle fondamental; Σ_1 est alors symétrique par rapport au cercle fondamental, et l'uniformité de G dans le cercle fondamental entraîne l'uniformité dans tout le plan Z par symétrie. J'étudie ceci en détail dans le Mémoire qui développe cette Note.

Dans d'autres cas, la considération de E'_{R_1} et E'_{R_2} permet de conclure à l'impossibilité. L'hypothèse de l'existence de $\zeta = G(Z)$, méromorphe, sauf en un ou deux points essentiels, entraîne en effet qu'à tout point Z de E'_{R_1} correspond un point ζ de E'_{R_2}; mais *la réciproque n'est vraie que si* $G(Z)$ *est rationnelle*. Si G admet un ou deux points essentiels A et B, à tout point ζ de E'_{R_2} correspondent une infinité de points Z s'accumulant en A et B et qui, à partir d'un certain rang, n'appartiennent certainement plus à E'_{R_1}. En ces points la famille des $R_1^{(n)}$ est bien normale, mais a pour limite une constante qui est précisément la valeur A ou B. Il se produit alors le phénomène signalé dans ma Note du 21 novembre pour les fonctions entières générales. Soit $\mathcal{E}_{R_1}$ l'ensemble des points Z tels que $G(Z)$ appartienne à E'_{R_2}, c'est l'ensemble des Z où la famille des $G[R_1^{(n)}]$ n'est pas normale. $\mathcal{E}_{R_1}$ contiendra E'_{R_1} et ne coïncide avec lui que si G est rationnelle. Il en résulte que *si* E'_{R_1} *est plus compliqué que* E'_{R_2}, *l'existence de solutions* G *méromorphes ou rationnelles est impossible*. C'est ce qui arrive *si* E'_{R_1} *est continu et* E'_{R_2} *discontinu, si* E'_{R_1} *est superficiel et* E'_{R_2} *continu linéaire ou discontinu*. Un exemple simple est celui de l'équation de Schröder :

$$G[R_1(Z)] = S_2 G(Z),$$

E'_{R_2} se compose du seul point origine et E'_{R_1} est parfait. Toute solution uniforme de l'équation de Schröder doit donc admettre tout point de E'_{R_1} pour point singulier essentiel. (C'est ce qui arrive notamment à la fonction de M. Kœnigs.) Un autre exemple simple est celui de l'équation d'Abel

$$R_2(Z) = Z + a.$$

Au contraire, par $G(s_1 z) = R_2[G(z)]$, $E'_{R_1} =$ l'origine seule, E'_{R_2} parfait, on a eu des solutions méromorphes dans tout le plan.

La correspondance des cycles attractifs et répulsifs de R_1 et R_2 par $\zeta = G(Z)$ est examinée dans le Mémoire détaillé.

II. Les seuls cas où G puisse avoir 2 ou 1 points singuliers essentiels se ramènent à

$$(a) \qquad R_1(Z) = Z^k \quad (k \text{ entier} > 0),$$
$$(b) \qquad R_1(Z) = P(Z) \quad (\text{polynome en } Z).$$

a. Si

$$(2) \qquad G(Z^k) = R_2[G(Z)]$$

a une solution méromorphe, sauf en o et ∞, on voit que l'ensemble $\mathcal{E}_{Z^k}$, où la famille des $G[Z^{k^n}]$ n'est pas normale, est un ensemble fermé de cercles concentriques à O, ou bien tout le plan. L'ensemble E'_{R_2}, qui s'en déduit, par $\zeta = G(Z)$, est un ensemble fermé de courbes analytiques avec peut-être des points de rebroussement, mais aucun point double, ou bien c'est tout le plan. L'étude de la structure au voisinage d'un point, lorsque E'_{R_2} n'est pas tout le plan, permet d'affirmer d'abord que si un cercle de $\mathcal{E}_{z^k}$ est isolé, G ne peut être que rationnelle, puis que, entre deux cercles consécutifs de $\mathcal{E}_{z^k}$ qui limitent une couronne où la famille des $G[Z^{k^n}]$ est normale, cette famille ne peut avoir pour limite ni une fonction analytique de Z, ni une constante, appartenant à E'_{R_2}, ou ne lui appartenant pas. Le cas où la limite serait analytique conduirait dans le plan $\zeta = G(Z)$ à une couronne, limitée par deux courbes de E'_{R_2}, analytiques, et que $Z_p = R_2^{(p)}(Z)$ pour p convenable laisserait invariante : on montre que ceci est impossible; les deux autres cas s'étudient aussi assez simplement.

L'équation (2) *ne peut avoir de solution méromorphe, non rationnelle, que si* E'_{R_2} *recouvre tout le plan.* C'est bien ce qui arrive dans l'exemple que j'ai donné.

b. Pour

$$(3) \qquad G[P(Z)] = R_2[G(Z)],$$

l'ensemble $\mathcal{E}_P$, où la famille de $G[P^{(n)}]$ n'est pas normale, a les caractères de celui de ma Note du 21 novembre.

Si ce n'est pas tout le plan, c'est un ensemble, fermé, de courbes analytiques qui s'en vont à l'infini en s'enveloppant mutuellement. L'allure de $\mathcal{E}_P$ au voisinage d'un de ses points très éloigné donne celle de E'_{R_2} au voisinage

d'un quelconque de ses points. On conclut de là que la frontière du domaine $\mathcal{D}_\infty$ où les $P^{(n)}$ convergent vers ∞ est *analytique* et *non discontinue*. On la ramène au cercle $|Z| = 1$, ce qui donne le cas a, ou au segment $(-1+1)$, ce qui donne $P(Z) = \cos pz$ quand $Z = \cos z$. L'ensemble $\mathcal{E}_p$ est alors formé d'ellipses de foyers $(-1+1)$. Les mêmes raisonnements que dans le cas a se font ici et la même conclusion s'impose : *L'équation* (3) *n'a de solution méromorphe, non rationnelle, que si* E'_{R_2} *recouvre tout le plan*. L'exemple que j'ai donné satisfait à cette condition.

Tout ce que j'ai dit ici et dans ma Note du 7 novembre s'applique en particulier, si $R_1 = R_2$, au problème de la permutabilité. Et si R_1 rentre dans le cas a ou b, $R_2 = R_1$ ne satisfait pas à la condition que E'_{R_2} recouvre tout le plan.

Donc les solutions uniformes de l'équation $G[R_1] = R_2[G]$, si $R_1 = R_2$, sont des fonctions rationnelles, ou des fonctions admettant tout point de E'_{R_2} pour point singulier essentiel.

NAVIGATION AÉRIENNE. — *Sur la solution du problème du guidage des mobiles aériens par brume ou de nuit sans aucune visibilité.* Note [1] de M. **William Loth**, présentée par M. E.-F. Fournier.

Je me suis proposé de chercher à résoudre le problème du guidage des avions et dirigeables, sans aucune visibilité, à l'aide d'un système analogue à celui que j'ai fait adopter pour les navires. Ayant accepté de faire les essais demandés, une ancienne ligne de transport de force contournant une partie du champ d'aviation de Villacoublay était remise en état pour les expériences. J'ai commencé par faire une étude du champ magnétique du fil jusqu'à une grande distance de celui-ci, qui était parcouru par un courant alternatif de fréquence 600 et mis à la terre à ses deux extrémités. Ce champ peut être considéré comme dérivant d'une double lemniscate, considérée dans le cas particulier où l'origine est un point double et formée du champ magnétique du fil mou, du champ produit par les courants de retour et de celui dû aux courants induits dans la masse conductrice. Ces champs sont soumis à deux déphasages, l'un dans le sens du fil, l'autre dans une direction perpendiculaire à celui-ci.

---

[1] Séance du 28 novembre 1921.

L'appareillage de conduite pour repérer et suivre le fil se compose de trois cadres, deux verticaux perpendiculaires l'un à l'autre et le troisième horizontal. La réception se fait au son, à l'aide d'un téléphone branché successivement sur ces trois cadres ou leur combinaison deux à deux. Elle pourrait se faire à la vue. Il est apparu immédiatement que la réception était considérablement gênée par les bruits parasites intenses dus aux magnétos, les bruits allaient jusqu'à empêcher toute réception. Un nouveau problème surgissait donc. Pour le résoudre, nous avons déterminé d'abord les formes exactes des champs des magnétos. Il découle de cette étude qu'en groupant d'une certaine façon les magnétos et en créant une magnéto spéciale, on obtiendrait une réception infiniment moins troublée.

Actuellement, les bruits des magnétos sont supprimés presque totalement. Ils sont annulés ainsi : on place auprès des magnétos un petit cadre récepteur dont les caractéristiques : surface, impédance, self, sont calculées de façon qu'en mettant ce cadre en série avec le grand cadre récepteur plus éloigné des magnétos et en tenant compte du rapport des distances de ces deux récepteurs au groupe des magnétos, les courants induits dans ces deux cadres par les champs magnétiques des magnétos s'annulent. Je fais remarquer que ce dispositif, adjoint à une réception discontinue, obtenue par suppression de toute réception au moment où les étincelles éclatent, permettra de débarrasser les réceptions de T. S. F. et de téléphonie sans fil des parasites dus aux magnétos.

Pour parfaire la réception, on ajoute un amplificateur basse fréquence accordé, en résonance sur le courant variable circulant dans le fil-guide, courant lui-même émis en résonance dans ce fil. L'appareillage, invisible extérieurement, pèse quelques kilogrammes.

Conduite. — Un cadre vertical est placé suivant l'axe de l'avion. Il reçoit au maximum quand l'avion ou le dirigeable est parallèle au fil-guide. Il reçoit moins à mesure que l'avion s'incline sur la route tracée par le fil. Sa réception s'annule si l'avion marche perpendiculairement à la ligne.

La réception du cadre transversal est exactement inverse.

Ces cadres peuvent d'ailleurs être placés, toujours perpendiculaires, l'un et l'autre à 45° de l'axe de l'avion. Ils peuvent être réunis à un goniomètre donnant le degré d'inclinaison sur la route.

Le cadre horizontal reçoit de part et d'autre de la ligne. Sa réception s'annule nettement quand l'avion passe au-dessus du fil-guide. Le sens de l'inclinaison vers la droite ou la gauche est obtenu en mettant en série

successivement et de deux façons opposées ces deux cadres verticaux. Au lieu d'utiliser des cadres latéraux simples ou groupés en série, on peut connaître le passage d'un côté à l'autre du fil-guide en mettant en série successivement et de deux façons opposées le cadre longitudinal et le cadre horizontal.

L'atterrissage est donné en mettant en série de deux façons successives et opposées le cadre transversal et le cadre horizontal. Cette mise en série indique aussi la montée du fil-guide sur le flanc d'une montagne ou sa descente.

Voici les résultats obtenus :

La prise de contact a lieu : au cadre horizontal à 3000^m de hauteur, aux cadres verticaux à 2500^m. A une hauteur de 2000^m on entend nettement sur l'ensemble de l'appareillage de conduite et l'on peut commencer à guider l'avion, sans être géné, ni par les bruits de bord, ni par les magnétos. A 1500^m la réception est assez forte. A 1000^m elle est forte. A 2000^m d'altitude, la prise de contact se fait à 2000^m de distance du fil environ. A 1500^m cette zone est encore accrue. A terre elle atteint de chaque côté du câble 15^{km}.

Ces résultats sont des résultats minima. Ils ont été obtenus avec une ligne de 2990^m, sinueuse, faisant huit coudes brusques. La plus grande portion droite atteint 565^m seulement. Les résultats doivent être encore améliorés dans le cas d'une ligne droite et de grande longueur. Dès maintenant, de l'avis des spécialistes, ils suffisent largement à la conduite des avions et dirigeables. L'intensité du courant dans la ligne a varié, de 4,2 ampères à 2,8 ampères. Sur les aérodromes, les dispositions des fils permettront aux avions d'atterrir toujours face au vent.

Tels sont les résultats obtenus que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie. Ils permettent de considérer le problème posé comme résolu. L'utilisation de cette méthode nouvelle rendra à la navigation aérienne, de l'avis des spécialistes, les plus grands services en permettant de poursuivre celle-ci sans interruption, d'un aérodrome à l'autre, la nuit et dans la brume qui la rendaient jusqu'ici impraticable.

PHYSIQUE. — *L'électromagnétisme et le principe de relativité.* Note de M. E. CARVALLO, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. *Quand un élément conducteur se meut dans le champ magnétique d'un aimant fixe ou d'un courant dont le conducteur est fixe, il est le siège d'une force électromotrice. Celle-ci est mesurée par le flux d'induction magnétique coupé dans l'unité de temps par l'élément mobile.*

Cette loi, aussi connue qu'incontestée, a été étendue par M. Bouty aux électrolytes (¹). Elle fournit dans les équations de l'électromagnétisme des corps en mouvement un terme vectoriel dont j'ai signalé l'importance en 1901 (²). Elle est la clef des problèmes tels que celui de la roue de Barlow où figurent, non plus des fils, mais des conducteurs à trois dimensions.

Je voudrais appeler aujourd'hui l'attention sur le rôle important du même terme dans le problème de la relativité.

2. Je considère un système d'axes attaché au conducteur supposé fixe. La loi en question détermine sur chaque élément mobile une force électromotrice induite dont les composantes (par unité de volume) sont :

$$y'c - z'b, \quad z'a - x'c, \quad x'b - y'a,$$

en désignant par x', y', z' les vitesses de la matière au point x, y, z de l'espace et par a, b, c les composantes de l'induction magnétique au même point.

On doit ajouter les nouvelles forces aux composantes U, V, W de l'ensemble des autres forces électromotrices telles que celles qui résultent de la loi d'Ohm. Les équations de Maxwell pour les corps en repos, ainsi complétées dans le cas du mouvement, deviennent (en se bornant à écrire les équations relatives à l'axe Ox)

$$\frac{d}{dy}\mathrm{W} - \frac{d}{dz}\mathrm{V} + \frac{d}{dy}(x'b - y'a) - \frac{d}{dz}(z'a - x'c) = a', \tag{1}$$

$$\frac{d}{dx}\gamma - \frac{d}{dz}\beta = -4\pi u. \tag{2}$$

(¹) BOUTY, *L'Éclairage électrique*, t. 15 ; *Comptes rendus*, t. 126, p. 238.

(²) *Comptes rendus*, t. 133, p. 1195, 1901. Voir aussi *L'électricité déduite de l'expérience et ramenée au principe des travaux virtuels* (*Scientia*, Gauthier-Villars). La méthode de cet opuscule a servi de base à des *Leçons d'Électricité* (Béranger, 1904), à un enseignement publié par mon fils en 1921 (Dunod) et à l'enseignement de M. Becquerel à l'École Polytechnique en 1921.

3. Je dis que les équations (1) et (2) sont invariantes dans la transformation de Galilée exprimant la translation des nouveaux axes par rapport aux premiers, savoir

$$(3)\qquad x = v_0 t + x_1,\qquad y = y_1,\qquad z = z_1.$$

Les termes qui ne contiennent pas de dérivation par rapport au temps étant invariants, il ne reste à établir que l'invariance de l'ensemble des termes portant des accents. Or les formules (3), dérivées par rapport au temps, donnent

$$(3)'\qquad x' = v_0 + x'_1,\qquad y' = y'_1,\qquad z' = z'_1.$$

D'autre part, l'expression

$$a(x, y, z, t) = a(v_0 t + x_1, y_1, z_1, t),$$

dérivée par rapport à t (x_1 restant constant), donne

$$(4)\qquad \frac{da}{dt} = v_0 \frac{\partial a}{\partial x_1} + \frac{\partial a}{\partial t}.$$

Dans cette égalité, $\frac{\partial a}{\partial t}$ est la dérivée de a pour x constant. C'est la quantité qui a été désignée par a' dans l'équation (1). On déduit donc de la formule (4)

$$(4)'\qquad a' = \frac{da}{dt} - v_0 \frac{\partial a}{\partial x_1}.$$

Si l'on porte les expressions (3)' et (4)' dans l'équation (1) de l'électromagnétisme, on voit que celle-ci conserve la même forme, sauf l'addition de termes en v_0. C'est, dans le second membre,

$$(5)\qquad - v_0 \frac{\partial a}{\partial x_1};$$

dans le premier membre, ce sont les termes provenant des termes en x', savoir

$$(6)\qquad \frac{\partial}{\partial y_1} v_0 b + \frac{\partial}{\partial z_1} v_0 c = v_0\left(\frac{\partial}{\partial y_1} b + \frac{\partial}{\partial z_1} c\right).$$

Les termes (5) et (6) se détruisent en vertu de la relation

$$\frac{\partial}{\partial x_1} a + \frac{\partial}{\partial y_1} b + \frac{\partial}{\partial z_1} c = 0$$

qui exprime la loi du flux de l'induction magnétique.

On le voit, les équations de l'électromagnétisme dans les corps en mouvement sont bien invariantes dans le groupe des transformations de Galilée, pourvu qu'il n'y ait en présence que des conducteurs et des électrolytes.

4. Pour un changement de variables exprimant la rotation du système d'axes, le calcul est plus compliqué. Il montre que l'invariance des équations n'est pas conservée.

5. Ces résultats s'énoncent ainsi dans le problème de la relativité :

Qu'on imagine un monde formé d'électrolytes et de conducteurs. Aucune expérience d'électromagnétisme faite dans un tel système ne permettra de déceler sa translation; mais sa rotation pourra être manifestée.

6. La restriction que du monde envisagé sont exclus les diélectriques constitue certes une grave lacune de la théorie ci-dessus; mais, qu'on arrive à lever ladite restriction, on saura expliquer, par la loi de la force électromotrice induite, à la fois le résultat de M. Michelson (1) et celui de M. Sagnac (2).

7. Ainsi serait rétablie la concordance actuellement inexistante de la théorie de l'électromagnétisme avec les expériences des physiciens. Du même coup, la loi de la relativité de la mécanique se trouverait étendue aux phénomènes électromagnétiques par la théorie aussi bien que par les expériences de Michelson et de Sagnac, la première étant la généralisation du principe de Galilée, la deuxième étant l'extension de l'expérience du pendule de Foucault. L'harmonie serait rétablie sans qu'il soit nécessaire d'abandonner les notions vulgaires de longueur et de temps, et d'imaginer, avec M. Einstein, des horloges et des mètres assez habiles et complaisants pour compenser par leurs variations les écarts de la théorie avec l'expérience.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur les spectres corpusculaires et leur utilisation pour l'étude des spectres de rayons X.* Note de M. **Maurice de Broglie**, présentée par M. E. Bouty.

En poursuivant mes recherches sur les rayons β secondaires des rayons X, je suis parvenu à un certain nombre de perfectionnements que je voudrais indiquer rapidement.

(1) Michelson, 1881.
(2) Sagnac, *Journal de Physique*, mars 1914.

On sait qu'il s'agit d'obtenir et de mesurer le spectre magnétique des vitesses des corpuscules, émis par les éléments, quand ils sont éclairés par des rayons X; je rappelle la loi simple que j'ai énoncée au début de cette année :

Un faisceau monochromatique de rayons X, de fréquence ν, tombe sur un radiateur secondaire formé par un élément caractérisé par les valeurs W_K, W_L, W_M, etc. des énergies de ses niveaux de Bohr; il en résulte l'expulsion d'un certain nombre de flots d'électrons secondaires, ayant respectivement pour énergies :

$$h\nu - W_K, \quad h\nu - W_L, \quad h\nu - W_M, \quad \ldots,$$

h étant la constante bien connue du rayonnement noir.

En améliorant divers détails, épaisseur et largeur des radiateurs (par dépôts cathodiques ou feuilles battues, etc.), je suis arrivé à obtenir des spectres où chaque flot d'électrons est représenté par une ligne assez fine (par exemple $0^{mm},2$); il en résulte que si l'on considère les électrons provenant d'un niveau simple, comme le niveau K, le spectre corpusculaire reproduit avec une fidélité complète les détails du spectre des rayons X; c'est réellement une transposition cinétique du spectre des vibrations périodiques que l'on obtient et les clichés spectraux approchent de la perfection que présentent les spectres de rayons X.

Ainsi le spectre K du tungstène composé de quatre raies formant deux doublets serrés α_1, α_2, β_1 et β_2 se trouve reproduit avec une dispersion qui, dans un de mes clichés, équivaut à celle que l'on obtiendrait en employant, pour les rayons X, un cristal de sel gemme et une distance du cristal à la plaque photographique de l'ordre de 700^{mm} (raies α_1, α_2 séparées sur la plaque par un peu plus de 1^{mm}).

Les spectres de rayons X peuvent donc aisément être produits et étudiés sans l'intervention d'aucun cristal.

Les deux méthodes des réseaux cristallins et des rayons β secondaires se prêtent un mutuel appui; mais l'on peut dire que, si la diffraction cristalline n'avait pas été connue, on aurait pu, avec la relation des quanta et le spectre corpusculaire, arriver à découvrir et à étudier en détail les spectres de rayons X.

Outre ces renseignements concernant les rayons X incidents, les spectres corpusculaires donnent l'analyse des niveaux de Bohr du corps qui constituent le radiateur secondaire. Les niveaux L, M, etc. sont complexes; on peut donc, conformément à la loi énoncée plus haut, prévoir un nombre de

lignes égal au produit du nombre de lignes du spectre incident par le nombre des niveaux. En construisant ces diagrammes de lignes serrées, et en les rapprochant des clichés expérimentaux, il semble bien que les prévisions se justifient dans les détails et que les raies larges ou diffuses représentent des faisceaux de lignes non séparées.

Les éléments suivants : uranium, thorium, bismuth, plomb, mercure, or, baryum, ont été étudiés au point de vue de leurs niveaux L, M, etc., sous l'excitation d'un tube Coolidge. On suit très bien sur les clichés le chevauchement des lignes α (tungstène)-M (radiateur) et α (tungstène)-L (radiateur) qui sont en ordre inverse suivant que le nombre atomique du radiateur est supérieur ou inférieur à celui du métal de l'anticathode, source des rayons X, et se croisent quand le radiateur est identique à l'anticathode; c'est une justification de l'origine que j'ai attribuée à celle des lignes corpusculaires des radiateurs, qui proviennent de leurs propres spectres de fluorescence.

Des mesures sont en cours pour utiliser les pointés précis que permet, par exemple, une raie simple comme la raie β de la série K du tungstène conjuguée avec un niveau unique. Ces résultats feront l'objet d'une publication ultérieure.

La correspondance, jusque dans les détails, du spectre corpusculaire aux spectres de rayons X, frappante lorsqu'on examine les clichés, doit attirer fortement l'attention sur la sorte d'unité qui existe dans la radiation qui se présente tantôt sous un aspect périodique (ondulations), tantôt sous un aspect cinétique (émission).

D'autre part, ainsi qu'il a été dit plus haut, le spectre de niveaux, que l'on obtient à l'aide des rayons β secondaires est un analyseur de radiations aussi puissant que les cristaux ; l'accord numérique qu'il présente avec les résultats tirés de ces derniers est une justification des hypothèses de Bragg sur les structures réticulaires.

Ces faits expérimentaux appellent également une autre remarque. Si l'on suit le processus qui débute par l'impact d'un électron cathodique de grande vitesse sur une anticathode en donnant lieu à l'émission de rayons X, puis de rayons β secondaires, puis encore de rayons X produits par ces derniers et ainsi de suite, on constate que le quantum de ces radiations s'abaisse continuellement et se dégrade en quelque sorte en se partageant en quanta moins élevés. Il y a là un phénomène dont l'analogie avec la notion d'entropie doit retenir l'attention et qui permet de calculer de véritables cycles, avec une formule de rendement identique à celle de Carnot

en remplaçant la température par la fréquence ; une Note de M. Louis de Broglie, contenue dans les pages suivantes, étudie en détail cette dernière question.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la dégradation du quantum dans les transformations successives des radiations de haute fréquence.* Note de M. **Louis de Broglie**, présentée par M. Deslandres.

Les progrès de nos connaissances sur l'effet photo-électrique (voir ci-dessus la Note de M. M. de Broglie) semble prouver avec une évidence chaque jour croissante que l'absorption aussi bien que l'émission d'une radiation de fréquence ν se fait d'une façon discontinue par quanta égaux à $h\nu$. Les électrons expulsés de l'atome par l'absorption d'un quantum en sortent avec une énergie cinétique égale au quantum absorbé, moins le travail qu'ils ont dû fournir pour sortir de l'atome. L'atome, qui se trouve ainsi privé d'un électron intérieur, possède une énergie supérieure à l'énergie normale des atomes de son espèce. D'après nos idées actuelles, il tendrait alors à revenir à l'état normal en émettant, sous forme d'une série de lignes, l'énergie supplémentaire qu'il a, en quelque sorte, emmagasinée. Chaque radiation émise l'étant avec son quantum, on peut dire que le quantum absorbé par la matière au rayonnement est ensuite restitué à ce dernier sous forme de plusieurs quanta de moindre fréquence.

Ces phénomènes présentent, avec ceux que la Thermodynamique étudie, de curieuses analogies. De même que la chaleur tend à passer des corps chauds sur les corps froids, de même ici l'énergie radiante tend à passer des fréquences élevées aux fréquences moins élevées; c'est là le principe de la loi de Stokes et l'on peut, dans une certaine mesure, assimiler les fréquences aux températures.

En imaginant deux réservoirs remplis chacun d'un rayonnement monochromatique, on peut aisément constituer un cycle fermé par le transport alternatif d'un atome qui absorbe de l'énergie à l'un des rayonnements et en restitue à l'autre. On trouve facilement pour expression du rendement maximum $\frac{\nu_2 - \nu_1}{\nu_2}$, expression tout à fait analogue à celle du cycle de Carnot, en remplaçant la température par la fréquence. Les rayonnements jouent ici les rôles de sources chaude et froide; l'atome joue le rôle de l'eau dans la machine à vapeur. D'autre part, la quantité $\frac{\text{énergie fournie au rayonnement}}{\text{fréquence}}$

est analogue à l'entropie; elle a les dimensions d'une action, varie par multiples de h et croît toujours dans toutes les transformations couramment observées [1].

L'irréversibilité ordinaire de tous les phénomènes de rayons X n'est sans doute, comme pour les phénomènes thermodynamiques, qu'une apparence. L'étude des fluctuations a montré aux physiciens qu'un système quelconque s'écarte sans cesse de l'état d'équilibre thermodynamique pour y revenir ensuite; ainsi, la densité d'un gaz doit être la même en tout point dans l'état d'équilibre et cependant, en réalité, elle varie sans cesse autour de sa valeur moyenne. Mais, quand on observe, comme cela a lieu souvent, des systèmes très éloignés de l'état d'équilibre, quand, par exemple, on met en contact deux corps de températures différentes, le phénomène observé tend toujours à établir l'équilibre thermique.

Les faisceaux de rayons X obtenus dans les laboratoires ont des densités d'énergie correspondant au rayonnement noir de températures extrêmement élevées; aussi les phénomènes observés, quand ces rayons traversent de la matière, tendent-ils toujours au rétablissement de l'équilibre par l'abaissement des fréquences et sont-ils, en apparence, irréversibles.

Si l'irréversibilité n'est qu'apparente, à chaque mécanisme abaisseur de fréquence et dégradant l'énergie radiante doit correspondre un mécanisme inverse élevant les fréquences, mécanisme dont le fonctionnement, dans les conditions usuelles de l'expérience, est trop faible en général pour être mis en évidence.

L'hypothèse de l'existence de tels processus élévateurs de fréquence n'est pas toute gratuite; outre qu'elle est *exigée* par l'idée même d'équilibre thermodynamique, elle semble permettre une interprétation intéressante du fond continu des tubes à rayons X. Puisque l'absorption d'un quantum de fréquence ν provoque l'expulsion d'un électron intraatomique avec une énergie cinétique $h(\nu - \nu_0)$ où $h\nu_0$ est le travail de sortie de l'électron, la réversibilité exige qu'un électron frappant un atome préalablement privé d'un électron intérieur puisse pénétrer dans cet atome, occuper la place libre et provoquer l'émission d'une radiation dont le quantum soit égal à la perte d'énergie du système électron-atome. Or, dans un tube à rayons X, fonctionnant sous une tension V, les électrons de charge e arrivent sur l'anticathode avec l'énergie eV, mais par suite de leur ralentissement par la matière, ils ne viennent frapper les atomes du métal qu'avec une énergie

[1] M. D. Berthelot a déjà proposé de l'appeler l'*entropie radiante*.

inférieure à eV. On voit alors facilement que les idées précédentes nous conduisent au résultat suivant : « A chaque fréquence critique ν_c inférieure à $\frac{eV}{h}$ de la matière formant l'anticathode doit correspondre une bande d'émission s'étendant depuis la fréquence ν_c jusqu'à la fréquence $\frac{eV}{h}$. » Pour les fréquences correspondant aux « niveaux optiques » de l'atome, ν_c est pratiquement négligeable pour le physicien adonné à l'étude du domaine X. A ces fréquences correspond donc, en pratique, une bande d'émission s'étendant de la fréquence O à la fréquence $\frac{eV}{h}$. C'est le fond continu ordinairement observé. Aux fréquences critiques élevées (K, L, M, etc.), correspondraient des bandes d'émission dont l'existence n'a pas été signalée. Mais il faut observer que le « fond continu » ne présente pas de discontinuités pour les fréquences critiques de l'anticathode; on devrait cependant s'y attendre en raison de l'absorption par l'anticathode elle-même du rayonnement qu'elle émet et cette absence ne peut guère, semble-t-il, s'interpréter que par l'existence d'une émission compensatrice débutant pour ces fréquences critiques.

Ces remarques montrent, à notre avis, dans quelle direction on doit rechercher l'explication du fond continu X et, probablement aussi, celle du spectre continu des corps incandescents et du « corps noir ».

PHYSIQUE. — *Sur un nouveau rayonnement de courte longueur d'onde.* Note de M. G. **Reboul**, présentée par M. E. Bouty.

J'ai indiqué précédemment les conditions dans lesquelles un corps peu conducteur, traversé par un courant, impressionnait une plaque photographique ([1]). La discussion expérimentale de cet effet m'a amené à supposer que les corps faiblement conducteurs de l'électricité étaient, dans des conditions convenables, le siège de l'émission d'un rayonnement très absorbable analogue aux rayons X ou à l'ultraviolet. Je me suis proposé de mettre hors de doute l'existence d'un pareil rayonnement et de préciser la longueur d'onde des radiations qui le forment.

Les expériences ont été faites à l'électromètre qui, par la mesure des courants d'ionisation produits, donne un moyen d'investigation plus sen-

([1]) G. Reboul, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1502; t. 172, 1921, p. 210.

sible que ne l'est la plaque photographique. Le corps employé est simplement du papier filtre, rendu légèrement conducteur par immersion dans de l'eau acidulée par quelques gouttes de SO^4H^2, puis séché à l'air libre. Les cellules à rayonnement que j'emploie sont constituées de la manière suivante : une rondelle de papier de 2^{cm} à 3^{cm} de diamètre est placée entre deux électrodes; l'une de ces électrodes est formée par un piston à ressort très faible mais suffisant pour assurer le contact; l'autre est une toile métallique. Quand on établit une différence de potentiel convenable entre les deux électrodes; le courant passe dans la feuille de papier et l'on constate qu'il y a ionisation de l'air dans le voisinage de la toile métallique. C'est cette ionisation que je rattache à l'existence d'un rayonnement émis par la cellule; pour l'établir, j'ai fait trois séries d'expériences disposées de manière différente.

I. Dans la première série, l'expérience est disposée de manière que la toile métallique de la cellule forme la paroi d'un écran électrostatique à l'intérieur duquel se trouve l'électrode collectrice reliée à l'électromètre. On peut faire varier à volonté la distance de cette dernière électrode à la toile métallique, tout en maintenant le champ extracteur constant; on peut ainsi changer l'épaisseur de la masse d'air soumise au rayonnement.

On constate que les charges extraites augmentent à mesure que cette épaisseur croît de 0^{mm} à 2^{mm} ou 3^{mm}, puis elles se maintiennent constantes. Ceci s'explique en admettant que l'ionisation est due à un rayonnement qui est totalement absorbé en traversant une couche d'air de 2^{mm} ou 3^{mm} dans des conditions ordinaires de pression.

Ce dispositif rappelle celui qui a été employé par M. Holweck pour faire l'étude, aux basses pressions, des radiations de courte longueur d'onde (¹), il permet lui aussi de mesurer le coefficient d'absorption défini par la formule

$$I = I_\infty(1 - e^{-\mu x}),$$

x étant en centimètres l'épaisseur de la couche d'air soumise au rayonnement, I l'intensité du courant d'ionisation pour cette épaisseur et I_∞ l'intensité du courant correspondant à l'absorption totale du rayonnement ($x = \infty$). Avec une différence de potentiel aux pôles de la cellule égale à 450 volts, j'obtiens pour μ une valeur globale d'environ 16. Si j'admets que ce rayonnement est identique à celui qu'a étudié M. Holweck, la comparaison de ce résultat avec ceux qu'a trouvés ce dernier, donne pour la

(¹) HOLWECK, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 849; t. 172, 1921, p. 439.

longueur d'onde moyenne une valeur d'environ 50 Angströms. En réalité le rayonnement est complexe et composé d'une série de radiations de longueur d'onde différentes, car en changeant la distance à l'origine des tranches d'air soumises au rayonnement, on trouve des valeurs différentes pour μ, la différence étant d'ailleurs assez faible.

II. On peut objecter à cette première série d'expériences que les charges, recueillies dans le voisinage de la toile métallique de la cellule, sont dues, en partie, à l'électrolyse de traces d'eau ou de sels existant dans la feuille de papier; les charges libérées par cette électrolyse seraient projetées sous l'action du champ extérieur à l'intérieur du cylindre de Faraday. Aussi, dans la deuxième série d'expériences, la cellule à rayonnement est complètement distincte de l'écran électrostatique qui protège l'électrode collectrice, la distance qui les sépare est variable à volonté; en outre on peut établir entre la grille de la cellule et la paroi de l'écran électrostatique un champ électrique antagoniste, disposé de manière que les charges produites à l'extérieur de l'écran ne puissent pénétrer à son intérieur et être recueillies par l'électrode collectrice. Dans ces conditions les charges extraites sont uniquement dues à la partie du rayonnement qui, à la distance x, a pénétré dans l'écran. Si μ est le coefficient d'absorption défini comme tout à l'heure, le courant d'ionisation I, mesuré quand la cellule est à une distance x de la paroi intérieure de l'écran sera

$$I = I_\infty e^{-\mu x},$$

I_∞ étant le courant correspondant à l'absorption totale. Nous avons ainsi un nouveau moyen d'obtenir la valeur de μ. Par exemple, une deuxième cellule, prise dans les mêmes conditions expérimentales que plus haut, donne pour le coefficient d'absorption des valeurs voisines de 17, c'est-à-dire presque identiques à celle que l'on a trouvée plus haut. Remarquons d'ailleurs qu'il est difficile de se placer dans des conditions expérimentales absolument identiques et que les mesures ne manquent pas d'être délicates à interpréter à cause de la fatigue à l'émission manifestée par la cellule au cours des mesures.

III. Enfin dans la troisième série d'expériences, j'ai utilisé la propriété que présente le carbone d'être très absorbant pour les radiations de très courte longueur d'onde : j'ai donc interposé entre la cellule à rayonnement et l'appareil de mesure des pellicules de collodion de diverses épaisseurs. Dans les conditions expérimentales citées plus haut, l'absorption du rayonnement est totale tant que les épaisseurs sont supérieures à 10^{-4} cm ; elle ne

devient partielle que lorsque les épaisseurs deviennent de l'ordre de 10^{-5} cm. J'ai eu malheureusement d'assez grandes difficultés pour réaliser des écrans d'une épaisseur aussi faible et suffisamment uniforme pour pouvoir calculer avec une précision raisonnable les coefficients d'absorption. Quoi qu'il en soit, l'ordre de grandeur des valeurs trouvées montre bien encore qu'il s'agit de radiations que leur longueur d'onde place entre l'ultraviolet extrême et les rayons X.

En résumé, les expériences qui précèdent et celles que j'ai indiquées antérieurement ne mettent pas en évidence de nouvelles radiations, mais elles donnent un moyen, nouveau et assez inattendu, de produire un rayonnement qui vient se placer dans une région du spectre qu'il était jusqu'à présent bien difficile d'atteindre et dont il sera ainsi plus aisé d'aborder l'étude.

ÉLECTRICITÉ. — *Action d'un champ électrique sur un liquide isolant.* Note de MM. **F. Michaud** et **A. Balloul**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une Note récente ([1]), M. L. Bouchet a exposé les raisons pour lesquelles l'attraction exercée par un champ électrique sur un liquide isolant lui paraît variable avec le temps et mal définie. Nous demandons l'autorisation de faire, à ce sujet, quelques remarques.

1. Il y a quelque dix ans, l'un de nous a imaginé et construit un appareil, analogue à celui réalisé par M. Bouchet, mais dans lequel *le liquide en expérience n'est souillé par le contact d'aucun mastic*, et qui possède en outre les deux avantages d'être d'une construction plus facile et de pouvoir se démonter aisément, ce qui est fort utile pour les nettoyages. C'est un condensateur cylindrique, d'axe vertical, entre les armatures duquel le liquide s'élève sous l'action du champ électrique. Cette élévation est manifestée par une dénivellation dans un tube de verre latéral. L'appareil, destiné primitivement à une expérience de cours, a été utilisé par la suite pour mesurer le pouvoir inducteur spécifique de divers liquides et de solutions ([2]).

En opérant avec des liquides purs, nous n'avons pas observé les irrégularités

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 914.

([2]) F. Michaud et A. Balloul, *Ann. de Phys.*, 9ᵉ série, t. 11, 1919, p. 295. Plusieurs appareils du même modèle ont, depuis, été construits. L'un d'eux est utilisé actuellement comme électromètre.

signalées par M. Bouchet. Il nous est arrivé seulement, avec les liquides visqueux comme l'huile de vaseline, d'être obligés d'attendre pour voir s'achever la dénivellation. Mais c'était là un phénomène prévu et qui n'a pas nui à la précision des mesures.

Avec les liquides très mobiles, l'action était instantanée. Après quelques oscillations dues à l'inertie, le ménisque se fixait en une position où il restait rigoureusement immobile.

Nous avons opéré, en particulier, avec du benzène exempt de thiophène, provenant du laboratoire de M. Haller. Onze mesures ont été effectuées; elles coïncident avec un écart relatif moyen d'environ $\frac{1}{700}$. Le nombre obtenu (2,28 à 15°) est en excellent accord avec ceux des meilleurs expérimentateurs [Colley : 2,287 à 17° (¹); Tangl : 2,28 à 20° (²)].

2. Au sujet de l'influence possible de la conductibilité, il faut se garder de confondre le phénomène avec celui, tout différent, qu'on observerait si le liquide était isolé des armatures. La moindre trace de conductibilité se manifesterait alors par l'existence de charges superficielles qui annuleraient le champ électrique à l'intérieur du liquide. La conductibilité donnerait effectivement l'apparence d'un *accroissement* du pouvoir inducteur spécifique. Ici, au contraire, les charges déplacées sont absorbées par les armatures dès qu'elles arrivent à leur contact. Il suffit de maintenir invariable la différence de potentiel aux bornes du condensateur pour assurer la constance du champ électrique au sein du liquide.

C'est précisément cette particularité qui rend si élégante et si sûre la méthode de la dénivellation électrostatique pour la mesure du pouvoir inducteur spécifique des liquides. On trouve là, en outre, une illustration simple de l'indépendance de la constante diélectrique et de la conductibilité, mise en lumière par M. Bouty (³).

3. Il peut arriver cependant, avec des liquides impurs, qu'il se produise une électrolyse abondante. La composition du liquide change alors avec le temps; il y a une variation corrélative du pouvoir inducteur spécifique et surtout, peut-être, de la tension superficielle. La dénivellation subit, dans ces conditions, une variation continue *dont il est impossible de prévoir le sens.*

C'est là qu'il faut chercher la cause principale des phénomènes observés par M. Bouchet.

(¹) *Physik. Z.*, t. 11, 1910, p. 328.
(²) *Ann. d. Phys.*, 4ᵉ série, t. 10, 1903, p. 748.
(³) *Annales de Chimie et de Physique*, 6ᵉ série, t. 27, 1892.

Il nous est arrivé, au cours de quelques essais effectués avec des liquides malpropres, d'obtenir également des dénivellations irrégulières.

Lorsqu'on utilise alors une différence de potentiel alternative, les effets de l'électrolyse se trouvent partiellement compensés, et le phénomène se stabilise. C'est bien ce qu'a constaté M. Bouchet.

Mais la dénivellation fixe ainsi obtenue mesure le pouvoir inducteur spécifique d'un liquide impur. On doit donc s'attendre à ce que les nombres trouvés par M. Bouchet soient en désaccord avec ceux donnés par les expérimentateurs les plus dignes de confiance.

La comparaison est, en général, assez difficile, parce que M. Bouchet a fait ses mesures à des températures (24° à 30°) plus élevées que celles auxquelles on opère d'ordinaire. Heureusement, pour le benzène qui a été très étudié et à des températures très diverses, un rapprochement est possible. M. Bouchet nous donne 2,31 à 24°,5; aucun expérimentateur n'a jamais trouvé un nombre aussi élevé. Hasenöhrl (¹), puis Tangl (²) ont montré que le pouvoir inducteur spécifique du benzène *diminue* d'environ $\frac{1}{1000}$ de sa valeur lorsque la température s'élève de 1°. Dans ces conditions, M. Bouchet aurait dû trouver environ 2,272. Son nombre est trop fort de $\frac{1}{60}$.

OPTIQUE. — *Sur la propagation de la lumière dans un milieu dispersif.* Note de M. **Léon Brillouin**, présentée par M. Marcel Brillouin.

1. Les milieux optiques réels sont caractérisés par deux propriétés également importantes : leur indice est différent de l'unité, et variable avec la fréquence. Cette seconde qualité, la *dispersion*, complique très notablement les lois de propagation des ondes; je veux attirer l'attention sur quelques conséquences importantes.

La vitesse ordinairement considérée est la *vitesse de phase* V; on définit aussi la *vitesse de groupe* U :

$$\frac{1}{U} = \frac{d\frac{\nu}{V}}{d\nu}; \tag{1}$$

ν étant la fréquence; U est égal à V dans un milieu non dispersif.

(¹) Wien, *Ber.*, t. 105 (2 a.), 1896, p. 460.
(²) *Loc. cit.*

J'ai montré, dans un travail antérieur (¹), que l'énergie se propage avec la vitesse de groupe, tant que les fréquences considérées ne sont pas trop voisines de celles des bandes d'absorption. Dans ces bandes, la vitesse de groupe devient infinie et même négative; je supposerai, dans ce qui suit, que l'on se trouve en dehors de cette zone.

Dans un milieu non dispersif, de pouvoir inducteur spécifique K, une onde plane de fréquence ν, dont le champ électrique a une amplitude E, possède une densité d'énergie ρ et une intensité I :

$$(2)\qquad \rho = \frac{1}{2}KE^2, \qquad I = \rho V = \frac{1}{2}VKE^2, \qquad V\sqrt{K} = c,$$

en unités rationnelles de Heaviside, c étant la vitesse de la lumière dans le vide.

Dans un milieu dispersif, où K est fonction de ν, les formules sont différentes :

$$(3)\qquad \rho' = \frac{1}{2}K_1(\nu)E^2, \qquad I' = \rho U = \frac{1}{2}UK_1E^2, \qquad V\sqrt{K(\nu)} = c.$$

L'intensité I de l'onde se définit, en effet, comme égale à l'énergie transportée par unité de surface de l'onde et par seconde; l'énergie se propageant avec la vitesse U, on trouve

$$I' = \rho U.$$

Le coefficient $K_1(\nu)$ qui intervient pour l'expression de la densité d'énergie est différent de $K(\nu)$. Le but de cette Note est de démontrer que l'on a toujours

$$(4)\qquad UK_1(\nu) = VK(\nu),$$

ce qui conserve inchangée la valeur de l'intensité $I = I'$.

2. Le calcul est aisé à faire, pour un diélectrique contenant, par centimètre cube, N doublets élémentaires, de fréquence propre ν_0. Les équations de propagation s'écrivent, en unités Heaviside,

$$(5)\qquad -\frac{1}{c}\dot{\vec{H}} = \operatorname{rot}\vec{h}; \qquad \frac{1}{c}\left(\dot{\vec{h}} + Ne\dot{\vec{s}}\right) = \operatorname{rot}\vec{H}; \qquad \ddot{\vec{s}} + \nu_0^2\vec{s} = \frac{e}{m}\vec{h},$$

$\vec{h}$, champ électrique; $\vec{H}$, champ magnétique; $\vec{s}$, déplacement de la particule électrisée de charge e, et masse m.

Si l'onde est sinusoïdale, de fréquence ν, les équations prennent la forme

(¹) A. Sommerfeld, *Ann. der Phys.*, 4ᵉ série, t. 44, 1914, p. 177-202. — L. Brillouin, *Ibid.*, p. 203-240.

classique

$$(6)\qquad -\frac{1}{c}\overrightarrow{H} = \operatorname{rot}\overrightarrow{h}; \qquad \frac{K}{c}\overrightarrow{h} = \operatorname{rot}\overrightarrow{H}; \qquad \overrightarrow{s}(\nu_0^2 - \nu^2) = \frac{e}{m}\overrightarrow{h}; \qquad K = 1 + \frac{N\frac{e^2}{m}}{\nu_0^2 - \nu^2}.$$

Les vitesses de phase V, et de groupe U, se calculent à partir de K, et l'on trouve

$$(7)\qquad \frac{V}{U} = 1 + \frac{Ne^2}{Km}\frac{\nu^2}{(\nu_0^2 - \nu^2)}.$$

La densité d'énergie sur une onde plane, sinusoïdale, dans laquelle le champ électrique a une amplitude E, s'écrit

$$(8)\qquad \rho = \frac{1}{2}\overline{h^2} + \frac{1}{2}\overline{H^2} - N\int \overline{eh\,ds} + N\left(\frac{1}{2}m\overline{s'^2} + \frac{1}{2}\nu_0^2 m\overline{s^2}\right) = \frac{1}{2}K_1(\nu)E^2.$$

Les tirets indiquent les moyennes; les différents termes représentent : les énergies électrique et magnétique; l'énergie potentielle des N charges e déplacées dans le champ h; les énergies cinétique et potentielle des N doublets; on tiendra compte, dans le calcul, de la proportionnalité de s à h [troisième équation (6)] et des relations

$$\frac{1}{2}K\overline{h^2} = \frac{1}{2}\overline{H^2}; \qquad 2\overline{h^2} = E^2.$$

Le coefficient $K_1(\nu)$ ainsi calculé vérifie bien la formule (4) si l'on prend pour $\frac{V}{U}$ l'expression (7).

3. Ce résultat n'est pas fortuit; tout mécanisme interprétant la dispersion devra vérifier la relation (4). Considérons une onde plane (ν, E_1) se propageant dans le vide et tombant, sous une incidence η_1, sur la surface qui sépare le vide du milieu K; il se produira une onde réfléchie d'amplitude E'_1, et une onde réfractée sous l'angle η_2 avec l'amplitude E_2.

Les conditions de réfraction font intervenir seulement la valeur de K, qu'il y ait, ou non, dispersion. L'énergie qui traverse, en une seconde, l'unité de la surface de séparation s'écrit, pour un milieu non dispersif,

$$(9)\qquad \frac{c}{2}(E_1^2 - E_1'^2)\cos\eta_1 = \frac{VK}{2}E_2^2\cos\eta_2.$$

Cette relation indique la conservation de l'énergie, le premier membre étant la différence des énergies transportées par les ondes incidente et réfléchie, tandis que le second membre donne l'énergie transportée par l'onde réfractée.

Dans un milieu dispersif il faut, au second membre, faire intervenir le coefficient K' dans la densité d'énergie, et la vitesse de groupe U :

$$(10)\qquad \frac{c}{2}(E_1^2 - E_1'^2)\cos\eta_1 = \frac{UK_1}{2}E_2^2\cos\eta_2.$$

Les lois de réfraction étant les mêmes dans les deux cas, E'_1, E_2, η_2 sont égaux dans (9) et (10); il faut donc avoir $VK = UK_1$. Ces résultats complètent ceux que j'ai donnés autre part [1] sur les lois de Kirchhoff dans les milieux dispersifs.

SPECTROSCOPIE. — *Étude spectrographique d'une météorite portugaise.* Note de M. A. **Pereira-Forjaz**, présentée par M. A. de Gramont.

J'ai l'honneur de soumettre à l'Académie l'étude spectrographique d'une météorite portugaise, de Ponte-de-Lima (Minho). Nous avons fait usage de mon installation spectrographique, déjà décrite [2], et de la technique présentée par Norman Lockyer [3] et par M. de Gramont [4]. La connaissance des *pierres du ciel* offre beaucoup d'intérêt, et nous supposons très vraisemblable une discussion plus scientifique, par les données de la spectrographie, des hypothèses de Chladni, Laplace, Smith, Poisson, Mayer, Waterston, Thomson, etc.

Le spectre inconnu a été, au comparateur, différencié du *spectre parasite* du fer, qui avait été photographié à côté de celui de l'*alliage d'Eder*.

Conclusion. — La météorite de Ponte-de-Lima (Minho) est une holosidère avec une croûte de magnétite. Elle donne les figures de Widmannstätten. La composition qualitative probable est

Fe, P, O, S, Ni, Co, Mg, Al, Mn, Ca, Sr, K, Ce.

SPECTROSCOPIE. — *Étude spectrographique des minéraux portugais de tungstène.* Note de M. A. **Pereira-Forjaz**, présentée par M. A. de Gramont.

J'ai l'honneur de soumettre à l'Académie le résultat de mon examen spectrographique des minéraux portugais de tungstène de Borralha. Le wolfram est très répandu au nord du Portugal; il se trouve avec abondance à Borralha, Rebordosa, Lamego, Fonte Tinta (S. Pedro do Sul), Serra

---

(1) L. Brillouin, *La théorie des solides et les quanta* (*Thèse*, Paris, 1920; *Ann. Éc. Norm.*, 3e série, t. 37, p. 363, 383, 395, 420, 423).

(2) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 102.

(3) *The Meteoritie Hypothesis*, etc. (*Roy. Soc. Proc.*, t. 30, 1879, p. 27).

(4) Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris (1895), p. 198.

da Estrêla, Panasqueira, Vale das Môças (Vizeu), Melo (Gouveia), Queiriga (Vila Nova de Paiva), Fundao, Salgueirinhas (Covilhà), Sarzedas (Castelo Branco), Mata da Rainha (Penamacor), Cheiros (Guarda), Laborim (Vila Nova de Gaia), Carvalhal do Estanho e Bodiosa (Vizeu), Santa Margarida (Proença-a-Vilha), Quarta-feira (Sabugal), etc. Ponr la *scheelite*, il faut citer les gisements de Tapada, de Iffanes, etc.; pour la *ferberite*, ceux de Panasqueira, Pinhel, Aldeia do Carvalho, etc.

Nous avons fait usage de notre installation spectrographique déjà décrite [1], avec quelques modifications légères de technique dont nous sommes redevables à M. A. de Gramont.

Conclusion. — La composition chimique qualitative probable du wolfram de Borralha est

Tu, O, Fe, Mn, Ca, Sr, Ti, Na, Cr.

Dans les morceaux analysés, nous n'avons pas reconnu l'étain. En effet, il n'a pas été possible d'y rencontrer les raies 4524,7; 3801; 3330,6; et, surtout, 3262,3, ultime de l'étain [2].

Avec le wolfram, nous avons pu reconnaître la *scheelite*, dont nous avons entrepris l'étude.

RADIOACTIVITÉ. — *Les effets généraux des injections hypodermiques du thorium X sur l'organisme.* Note de MM. **Gabriel Petit**, **Léon Marchand** et **Léon Jaloustre**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Au cours de recherches sur l'action thérapeutique du thorium X dont nous publierons ultérieurement les résultats, nous avons été amenés à préciser les effets généraux de ce produit sur l'organisme.

On sait que le thorium X présente au point de vue thérapeutique l'avantage de perdre sa radioactivité en quinze jours à 6 pour 100 près, ce qui permet d'éviter l'addition des doses successivement injectées.

Nous avons utilisé le bromure de thorium X en solutions isotoniques dans du sérum physiologique et nous avons pris pour unité d'activité la quantité de ce produit dont le rayonnement γ est équivalent à celui de $\frac{1}{1000000}$ de gramme (microgramme) de bromure de radium cristallisé. Cette unité sera désignée par la suite par l'expression microgramme de thorium X.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 102.
[2] A. de Gramont, *Ibid.*, t. 171, 1920, p. 1106.

Les doses ont varié de 200^{γ} à 850^{γ}. Les injections hypodermiques étaient faites à la face antéro-externe des cuisses et répétées chaque semaine. Nous avons fait des séries de 3 à 7 injections. Pour les doses dépassant 600^{γ} l'injection était faite en deux fois, une moitié à chaque cuisse. Les recherches dont il est question dans la présente Note n'ont été faites que chez des femmes.

Phénomènes immédiats. — Sur 77 injections, 26 ont été suivies d'une rougeur locale accompagnée d'une sensation de cuisson disparaissant en un ou deux jours. Les injections inférieures à 250^{γ} n'ont pas déterminé de réaction locale. Au-dessus de cette dose, les réactions sont fréquentes, mais varient pour la même dose avec les sujets.

15 injections seulement ont déterminé le soir même une légère élévation de température atteignant au maximum $\frac{8}{10}$ de degré. Dès le lendemain, la température était revenue à la normale. Ce phénomène n'est d'ailleurs pas en rapport avec les réactions locales.

Phénomènes consécutifs. — A faible dose (de 200^{γ} à 300^{γ}) le thorium X en injections hebdomadaires répétées détermine une augmentation du nombre des globules rouges du sang. A partir de 400^{γ} par injection, le thorium X produit une diminution des globules rouges et cette action devient d'autant plus grande que les doses de thorium X sont plus fortes et plus longtemps répétées. Chez un de nos sujets, le nombre de globules rouges est tombé à 2000000 après trois injections respectivement de 800^{γ}, 825^{γ} et 850^{γ}.

L'action sur les globules blancs peut être constatée après une injection de dose faible de thorium X (200^{γ} à 300^{γ}), mais cette action devient surtout manifeste après plusieurs injections. Les doses n'excédant pas 400^{γ} par injection déterminent une augmentation du nombre des globules blancs qui ont passé chez une de nos malades de 5000 à 11000 puis, après, nouvelle injection, à 17200. L'augmentation porte surtout sur les mononucléaires et principalement sur les petits. Le nombre des polynucléaires reste proportionnellement légèrement inférieur au rapport normal.

Après les injections de fortes doses de thorium X (600^{γ} à 850^{γ}) le nombre de globules blancs s'élève d'abord notablement, mais, si l'on continue les injections de semaine en semaine, il se produit une leucopénie accusée.

Dans les deux cas, nous n'avons pas observé d'effets sur le nombre des éosinophiles.

Après des injections de fortes doses, nous avons observé de la polyurie et une élimination notable d'acide urique et de bases xanthiques.

De plus, la quantité d'oxydases du sang a subi une diminution notable pouvant aller jusqu'à 50 pour 100 du dosage initial avec tendance rapide au relèvement après la suspension des injections.

Les doses supérieures à 400^{γ} provoquent en outre deux ordres de phénomènes qu'on peut caractériser par les expressions de « pigmentation cutanée » et « phénomènes scorbutiques ».

Sur 16 femmes traitées, la pigmentation cutanée est apparue chez 9 d'entre elles 20 à 45 jours après la première injection. La pigmentation est d'autant plus précoce que les doses unitaires sont plus élevées, il en est de même de l'intensité de la pigmentation; toutefois, la prédisposition individuelle joue un rôle important.

Dans les formes accusées, la pigmentation revêt une teinte brunâtre, diffuse, foncée, plus accusée au niveau des plis cutanés. Elle n'est accompagnée d'aucune sensation douloureuse, d'aucune démangeaison. La pigmentation disparaît, quoique lentement, par desquamation de la peau. On peut encore en retrouver des traces trois mois après son apparition.

On note parfois que le phénomène de pigmentation est précédé d'une fièvre légère dépassant rarement 38°,5 et n'ayant que quelques jours de durée. Cette fièvre peut survenir après le début de la mélanodermie.

Enfin chez trois de nos sujets, soumis à de très fortes doses de thorium X (3225^{γ} en 4 injections, 4870^{γ} en 7 injections, 4400^{γ} en 6 injections) nous avons observé d'autres phénomènes rappelant le scorbut : saignement des gencives, ecchymoses cutanées spontanées ou provoquées par une pression légère; résorption lente du sang extravasé, hypocoagulabilité du sang, anémie profonde, dépression physique, inappétence, salivation, hypotension artérielle, diminution du poids du corps et plus rarement des vomissements et de la diarrhée. Les règles qui étaient suspendues depuis deux ans chez deux de nos malades sont réapparues. Les troubles scorbutiformes ont disparu en 10 à 15 jours. L'anémie seule a persisté plus longtemps.

Dès maintenant, nous pouvons dire que ce sont surtout les fortes doses qui ont agi favorablement dans certaines affections mentales.

De nos recherches il ressort que le thorium X, suivant les doses injectées, produit des effets différents sur l'organisme. Les injections de 200^{γ} à 300^{γ} au maximum, répétées plusieurs semaines de suite, déterminent une leucocytose marquée et une augmentation du nombre des globules rouges.

Les doses hebdomadaires variant de 400^{γ} à 600^{γ} répétées quatre à six fois provoquent d'abord une hyperleucocytose avec diminution du nombre des globules rouges, puis une leucopénie et, enfin, une pigmentation sur certaines parties des téguments.

On constate, en outre, une véritable décharge d'acide urique et diminution notable des oxydases du sang.

Les doses hebdomadaires variant de 600^{γ} à 850^{γ}, outre les phénomènes précédents, occasionnent un syndrome qui rappelle les accidents du scorbut.

RADIOLOGIE. — *Sur le rôle de la métroradiographie dans l'établissement des pièces endoprothétiques en os mort.* Note de M. G. **Contremoulins**, présentée par M. Quénu.

Au cours de ces dernières années, nous avons observé sur les radiographies prises dans notre laboratoire à l'hôpital Necker que les pièces prothé-

tiques établies en os mort se comportaient de façon très diverse dans des milieux d'apparence comparable. Nous en avons cherché la cause initiale et nous croyons l'avoir trouvée dans le mode de fixation de ces endoprothèses.

Nous avons alors réalisé, d'après des mensurations métroradiographiques précises, des pièces en os de bœuf susceptibles d'être montées d'une façon mécanique sur la portion du squelette à reconstituer. Les résultats obtenus actuellement semblent devoir confirmer entièrement cette hypothèse.

Nous nous bornerons à donner ici six exemples caractéristiques :

Mlle M., 20 ans. Pied ballant enchevillé avec une vis en os de bœuf (6^{mm} de diamètre, 40^{mm} de longueur). La vis traverse le scaphoïde pour se fixer dans la tête de l'astragale, mais au montage elle foire.

Placée le 7 octobre 1920, elle est entièrement résorbée le 23 mars 1921.

Mlle C., 20 ans. Sarcome à myéloplaxes de la diaphyse et de la tête humérale. Une pièce prothétique est établie pour être vissée dans le canal médullaire de la portion de l'humérus restant. Elle est fixée par un écrou de blocage. La tête humérale est remplacée par une coquille en os de bœuf, vissée sur ce tuteur de même substance. Des lambeaux ostéopériostiques furent déposés sur toute la longueur du tuteur (10^{cm}). La repousse osseuse est rapide; tous les mouvements sont conservés. Seule l'abduction est limitée au voisinage de l'horizontalité.

Cette prothèse fut mise en place le 5 mars 1921. Le 10 novembre, la radiographie montre que la pièce est presque intacte.

Ces jeunes filles ont le même âge; elles paraissent de santé comparable. Seule la fixité de leur prothèse diffère. La pièce mobile a été résorbée en 5 mois et demi; la pièce fixée ne subit aucune raréfaction appréciable au bout de 8 mois et demi. La repousse osseuse est en plein travail de reconstitution du squelette. Le rôle du tuteur sera dans quelques mois devenu vraisemblablement inutile.

M. R., 30 ans, présente une impotence fonctionnelle du poignet par suite de consolidation vicieuse d'une fracture de l'extrémité inférieure du radius. Une pièce prothétique en os de bœuf est préparée, elle a pour objet de rétablir le radius dans sa forme primitive. Quelques jours après sa mise en place, le blessé fait, à l'insu de la surveillante, des mouvements de pronation et de supination; les tenons qui fixent la prothèse échappent et la pièce doit être replacée 21 jours après l'intervention primitive. Pour la maintenir, on monte à l'aide de 4 vis une bride en os. Le malade, malgré les recommandations qui lui furent faites, a continué de provoquer des déplacements incessants de sa prothèse; aussi, voit-on celle-ci se résorber avec rapidité.

Placée le 26 février 1921, la pièce est à moitié résorbée le 30 septembre, et la bride fixée le 19 mars a presque complètement disparu.

M. G., 34 ans, blessé de guerre, présente une pseudarthrose du fémur tardivement consolidée et un genou ballant. Après résection des surfaces articulaires, on les rapproche avec deux vis croisées en os de bœuf de 10^{mm} de diamètre, qu'on serre

fortement. Peu de temps après, le blessé marche très aisément, sans aucune fatigue, malgré un raccourcissement très important.

Opéré le 9 *mars* 1920, *les radiographies faites le* 24 *mars* 1921 *montrent que les vis ne présentent aucune perte de calcium, et qu'il ne s'est formé aucune zone de raréfaction autour d'elles.*

Ces deux hommes ont à peu près le même âge, ils ont tous deux fait campagne, leur état général paraît comparable. Seule la fixité de leur pièce prothétique diffère. En 7 mois, la prothèse mobile du radius est presque complètement digérée par l'organisme, tandis que celle du genou est intacte après 12 mois d'inclusion dans le tissu osseux.

Mme B., 74 ans, s'est fracturé le col du fémur. Réduction et vissage 42 jours après. La vis de 12^{mm} de diamètre est parfaitement en place, mais, par suite d'une insuffisance d'outillage, le trou lisse n'a pas atteint le trait de fracture; deux filets ont été taraudés dans le fragment externe empêchant la coaptation avec la tête fémorale. Cette malade quitte l'hôpital 15 jours après l'opération, elle marche aisément et n'éprouve qu'un peu de gêne pour s'asseoir. Puis la pièce prothétique se brise spontanément au niveau de la fracture.

Placée le 23 *septembre* 1921, *la vis se rompt* 46 *jours après cette intervention.*

Mme R., 65 ans, a une fracture du col du fémur du même type que la précédente. Lors du vissage on peut réaliser une coaptation parfaite des fragments (vis de 12^{mm} de diamètre en os de bœuf). Cette blessée marche d'abord prudemment, et bientôt peut abandonner sa canne. Elle monte maintenant 30 à 40 étages quotidiennement sans avoir recours à la rampe de l'escalier. Il y a deux mois, elle a été projetée violemment sur le sol, par un individu qui courait et qui s'est jeté sur elle. Mme R. est tombée sur sa hanche vissée, au milieu de balais et de seaux. Malgré un choc très dur, la vis a parfaitement résisté; son intégrité est complète.

Opérée le 17 *mars* 1921, *violemment contusionnée le* 2 *octobre sur sa hanche vissée, Mme R. n'éprouve aucune gêne à ce jour. La dernière radiographie exécutée le* 14 *octobre montre l'intégrité complète de la prothèse.*

Ces deux blessées sont âgées, elles pèsent à peu près le même poids; leur état général est excellent. Or, la première a cassé sa vis sans effort, affirme-t-elle, au bout de 46 jours. La seconde a supporté un traumatisme grave six mois et demi après son vissage, sans aucun incident au niveau de sa fracture.

L'observation de ces faits, joints à d'autres que nous n'avons pas pu suivre avec la même rigueur, nous a incité à penser que la résorption des pièces osseuses incluses dans l'organisme se produisait spécialement sous l'action d'une irritation locale provoquant une réaction de défense, toutes choses égales d'ailleurs. Toute pièce fixée ne provoquant aucune irritation est parfaitement tolérée. Toute pièce mobile est, au contraire, résorbée; et

cette résorption paraît d'autant plus rapide que la mobilité est plus grande.

Conclusion. — Il importe que les pièces endoprothétiques soient établies comme des pièces dentaires, c'est-à-dire qu'elles soient ajustées avec le plus grand soin, et qu'ensuite on les fixe parfaitement aux os qu'elles ont pour but de réparer.

Pour y parvenir, il importe que le radiologiste détermine par la « métroradiographie » ([1]) les dimensions et les rapports exacts de la pièce prothétique avec la portion du squelette à reconstituer, ainsi que les procédés de fixation qui varient inévitablement avec chaque cas.

Il faut enfin qu'il puisse achever l'ajustage de ces prothèses aseptiquement au cours de l'intervention; il doit donc devenir obligatoirement le collaborateur du chirurgien.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les produits intermédiaires de la synthèse de l'alizarine.* Note ([2]) de M. **Eugène Grandmougin**.

On connaît l'importance considérable de la synthèse de l'alizarine, par MM. Graebe et Liebermann; cette première synthèse d'un colorant végétal a eu une répercussion scientifique et industrielle énorme. Dans deux Notes précédentes ([3]), nous avons eu l'occasion de montrer que la dibromoanthraquinone qui, par fusion potassique, avait donné de l'alizarine, n'avait pas la constitution correspondant à ce colorant, mais était une 2.3-dibromanthraquinone.

Cette constitution, démontrée avec certitude, permet maintenant d'établir également celle des produits intermédiaires nécessaires à cette synthèse et, en particulier, du tétrabromure de dibromanthracène d'Anderson.

On se souvient que cette synthèse a parcouru les étapes suivantes :

Anthracène → dibromanthracène → tétrabromure de dibromanthracène → tétrabromanthracène → dibromanthraquinone → alizarine.

Pour le dibromanthracène (p. f. 221°) obtenu par bromuration de

---

([1]) *Mensuration du squelette* (*Archives d'Électricité médicale*, 1901). — *Méthode générale de métroradiographie. Localisation et extraction des corps étrangers logés dans l'organisme. Applications radiographiques. Applications radioscopiques* (*Annales d'Électrobiologie et de Radiologie*, 1904). — *Méthode générale de métroradiographie. Examens quantitatifs et qualitatifs* (*Ibid.*, 1905).

([2]) Séance du 21 novembre 1921.

([3]) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 717 et 839.

l'anthracène en solution de sulfure de carbone, aucun doute n'est possible : c'est un dérivé méso (9.10-dibromanthracène), car, par oxydation, il donne de l'anthraquinone. Si l'on fait agir sur ce composé de la vapeur de brome, on obtient le tétrabromure : $C^{14}H^8Br^2Br^4$ (ANDERSON, *Ann.*, t. 122, p. 304), qui cristallise très bien du toluène en cristaux peu colorés (p. f. 170°-180° avec décomposition) et qui est non pas un produit de substitution, mais un produit d'addition.

On peut admettre avec une assez grande certitude que l'addition du brome est homonucléaire, c'est du moins ainsi que s'expliquent le mieux les réactions suivantes ([1]). Par action de la potasse alcoolique, on enlève 2^{mol} d'acide bromhydrique et il résulte un tétrabromanthracène (p. f. 254°) qui, parce qu'il donne par oxydation une 2.3-dibromanthraquinone, doit être un 2.3.9.10-tétrabromanthracène.

Remarquons ici que si l'on chauffe le tétrabromure d'Anderson à 200°, il perd du brome et de l'acide bromhydrique et il se forme un mélange de 2.9.10-tribromanthracène (p. f. 171°) et de 2.6.9.10-tétrabromanthracène (p. f. 298°-300°) dont la constitution est également établie par l'oxydation. Le premier composé donne la β-bromanthraquinone ([2]) (p. f. 204°-205°), le second la 2.6-dibromanthraquinone (p. f. 289°-290°) ([3]).

Cependant il importe de remarquer que la formation de ces dérivés est dû à une altération profonde, donnant lieu à une transposition et qui n'infirme pas par conséquent l'addition homonucléaire.

On connaît aussi un β-dichloroanthracène (p. f. 209°) qui est un dérivé méso (9.10); par addition de brome, il donne un tétrabromure incolore : $C^{14}H^8Cl^2.Br^4$ (p. f. 178°) (SCHWARZER, *Ber.*, t. 10, 1877, p. 376), dans lequel on peut également admettre que les quatre atomes de brome sont addi-

([1]) Deux modifications stéréoisomériques (α et β) de ce composé ont été observées par MM. K.-H. Meyer et K. Zahn (*Ann.*, t. 396, 1913, p. 166) qui les considèrent, comme nous, comme des produits homonucléaires. Mais nous ne sommes pas d'accord avec ces auteurs sur la constitution qu'ils donnent aux produits de transformation, et notamment au tétrabromanthracène (p. f. 265°-266°) qui, pour nous, est le dérivé 2.3.9.10, et non pas 1.3.9.10.

D'après les données de ces auteurs sur le corps qu'ils appellent 1.3-dibromanthraquinone, le produit qu'ils décrivent doit être l'isomère 2.3.

([2]) Le *Memento du chimiste*, 4e édition, 1921, p. 425, signale deux anthraquinones monobromées (*o* et *m*); le dérivé *m* (p. f. 187°) est de la β-bromanthraquinone impure.

([3]) KAUFLER et IMHOFF, *Ber.*, t. 37, 1906, p. 4707.

tionnés au même noyau benzénique. Le dichlordibromanthracène (p. f. 251°-252°) qui en résulte par action de la potasse alcoolique est donc un 9.10-dichlor-2.3-dibromanthracène, car par oxydation il donne la 2.3-dibromanthraquinone déjà décrite (Hammerschlag, *Ber.*, t. 19, 1886, p. 1107) (¹).

Pour être complet il faut cependant noter qu'il règne une certaine incertitude au sujet des produits préparés par bromuration directe de l'anthraquinone; la dibromanthraquinone ainsi obtenue donne d'après M. Graebe et Liebermann de l'alizarine (*Ber.*, t. 2, 1869, p. 332). Ces premiers auteurs ont obtenu cette dibromanthraquinone par action de cinq parties de brome sur trois parties d'anthraquinone, pendant 12 heures, à 100° (brevet anglais, n° 3850 du 18 décembre 1868), mais ils n'ont pas donné les constantes physiques et notamment le point de fusion de leur composé. M. Diehl qui a répété ces essais obtient, par bromuration de l'anthraquinone, à 160°, une dibromanthraquinone fusible à 236°,5 (*Ber.*, t. 11, 1878, p. 181). Comme nous l'avons indiqué dans un Mémoire antérieur, il est probable qu'il s'agit, si toutefois le produit est homogène, de la 2.7-dibromanthraquinone (p. f. 248°) (²). Celle-ci ne pourrait toutefois donner, lors de la fusion potassique, de l'alizarine, mais de l'anthrapurpurine, dont les réactions sont assez voisines de ce colorant. A défaut d'indications plus précises, il reste difficile de préciser quel est le produit que les premiers auteurs ont eu entre les mains.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du sodammonium sur la pyridine. Préparation de l'hydrate de tétrahydrodipyridile.* Note de MM. **P. Lebeau** et **M. Picon**, présentée par M. A. Haller.

La pyridine tombant goutte à goutte dans le sodammonium réagit violemment en donnant des produits condensés. Si l'on prend soin de refroidir préalablement la pyridine à — 60°, la réaction est plus régulière et conduit à la préparation d'un dérivé sodé de la pyridine. A cette température, la

(¹) Le point de fusion donné par l'auteur est un peu bas (265°), mais l'auteur insiste sur le fait que la fusion alcaline donne de l'alizarine pure; c'est donc bien le dérivé 2.3.

(²) Notons ici que la 2.7-dibromanthraquinone (p. f. 323°) décrite par erreur dans Richter, *Lexikon Der Kohlenstoffverbindungen*, vol. 3, est un dérivé de la phénanthrènequinone (voir *Ber.*, t. 40, 1909, p. 4562).

décoloration du sodammonium est obtenue après l'intervention d'une molécule de pyridine pour un atome de sodium du sodammonium. Si l'on ajoute une quantité insuffisante de la base de manière à rester en présence d'un notable excès de sodammonium et si l'on abandonne à l'autoclave jusqu'à la température ordinaire, on reconnaît qu'il n'y a encore qu'un seul atome de sodium fixé pour une molécule de pyridine.

Le produit ainsi préparé se présente, après évaporation de l'ammoniac liquide, sous la forme d'un solide jaune pâle retenant de l'ammoniac. Placé dans le vide, il prend peu à peu une teinte violacée, mais il contient encore de l'ammoniac et son analyse conduit à la formule $(C^5H^5AzNa)^2AzH^3$. Trouvé : $[(C^5H^5AzNa)^2(AzH^3)^{1,06}]$.

Le dérivé monosodé ammoniacal de la pyridine prend feu à l'air et détone comme l'iodure d'azote. Il rappelle par ses propriétés la pyridine sodium et la dipyridine sodium obtenues par Emmert (¹) en agitant pendant deux jours à froid du sodium avec de la pyridine.

Nous avons fait réagir le dérivé sodé ammoniacal sur les iodures de méthyle et de propyle, sur le chlorure d'amyle tertiaire et sur le bichlorure d'éthylène. Dans tous les cas, il se forme des produits basiques solubles dans l'éther, très altérables, et dont il ne nous a pas été possible d'obtenir des sels cristallisés.

Au cours de ces essais, nous avons cependant réussi à préparer un composé bien défini, peu altérable, correspondant à un hydrate de tétrahydrodipyridile ou à un polymère de ce corps, de formule $(C^5H^6Az)^2H^2O$.

Il se forme quand on décompose le dérivé sodé en présence d'éther, d'abord par un peu d'alcool à 95°, puis par additions successives de petites quantités d'eau. On obtient une solution trouble, à peine colorée. On élimine l'éther et l'alcool par évaporation dans le vide et l'on reprend le résidu par l'eau; il se précipite un liquide huileux qui se transforme rapidement en un solide blanc jaunâtre. On lave par agitation avec de l'eau et l'on sèche ensuite dans le vide. Le rendement correspond à 85 pour 100 de la pyridine employée.

L'hydrate de tétrahydrodipyridile est très peu soluble dans l'eau et insoluble dans les liquides suivants : alcool, éther, acétone, sulfure de carbone, éther de pétrole, acétate d'amyle, chloroforme, alcool amylique, pyridine. Il se dissout dans les acides concentrés ou dilués. Les solutions ainsi obte-

---

(¹) Emmert, *Berichte der deut. chem. Gesell.*, t. 47, 1914, p. 2598, et t. 49, 1916, p. 1060.

nues sont toujours très altérables et n'abandonnent pas par évaporation de produits cristallisés.

Elles précipitent par les alcalis et par la plupart des réactifs des alcaloïdes. Les précipités formés sont amorphes.

Le chlorhydrate provenant de l'évaporation dans le vide de sa solution aqueuse est fortement coloré; il reste cependant soluble dans l'eau. On peut le séparer de sa solution en le précipitant par l'alcool. La teneur en chlore de ce chlorhydrate est voisine de 18 pour 100, ce qui correspond à la formule $(C^5H^6Az)^2HCl$. Un tel composé résulte de la substitution d'une molécule d'acide chlorhydrique à une molécule d'eau de l'hydrate $(C^5H^6Az)^2H^2O$ (1).

Le sulfate est beaucoup plus altérable et devient insoluble dans l'eau, lorsqu'on cherche à l'isoler, soit par précipitation par l'alcool, soit par évaporation de sa solution dans le vide.

Le chloromercurate est une poudre jaune correspondant sensiblement à la formule $(C^5H^6Az)^2$, HCl, $HgCl^2$.

En résumé, l'action du sodammonium sur la pyridine fournit vers $-60°$ un dérivé d'addition monosodé retenant dans le vide de l'ammoniac et dont la formule est la suivante $(C^5H^5AzNa)^2AzH^3$. Ce dérivé sodé ammoniacal réagit sur un très grand nombre de composés en donnant le plus souvent des produits incristallisables et complexes.

Par l'action ménagée de l'alcool et de l'eau en présence d'éther, il nous a été possible de préparer un corps défini et stable : un hydrate de tétrahydrodipyridile ou un polymère de ce corps.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle préparation de l'hydrosulfite formaldéhyde et d'un générateur économique d'acide hydrosulfureux.* Note de MM. **Ph. Malvezin, Ch. Rivalland** et **L. Grandchamp**, présentée par M. Lindet.

En 1906, l'un de nous prépara, pour la première fois, l'acide méthanal sulfureux en faisant simplement absorber des vapeurs d'anhydride sulfureux par du formol du commerce à 40 pour 100.

L'auteur attribuait alors à ce corps la formule de la combinaison bisulfi-

(1) D'essais physiologiques préliminaires faits sur le cobaye, il résulte que le tétrahydrodipyridile sous la forme de chlorhydrate, est nettement plus toxique que les sels correspondants de pyridine et de pipéridine.

tique de la formaldéhyde :

$$H - CH\begin{matrix}\diagup OH \\ \diagdown SO^3H\end{matrix}$$

Le pouvoir antiseptique de ce composé, qui découle de la nature de ses constituants et de la facilité avec laquelle il les régénère, intéressait seul l'auteur à cette époque, et il en proposa l'emploi comme anticryptogamique sous forme de sels de cuivre [1].

Au début de 1921, nous avons repris ces recherches pour étudier plus particulièrement les propriétés réductrices de ce corps.

La découverte faite dans l'intervalle, de l'utilisation des parois poreuses à la diffusion des gaz dans les gaz ou dans les liquides, nous permit, tout d'abord, de perfectionner le mode d'obtention de l'acide méthanal sulfureux. Dans une solution de formol à 40 pour 100 nous faisons diffuser, à travers les parois d'une bougie de Chamberland, du gaz sulfureux provenant d'une bombe, en ayant soin d'empêcher que la température du système ne s'élève. L'opération est arrêtée lorsque le liquide marque 30°B. [2].

L'acide méthanal sulfureux ainsi préparé jouit de propriétés réductrices sensiblement plus grandes que celui préparé par la méthode primitive. Attribuant ce fait à la formation d'une certaine quantité d'hydrosulfite formaldéhyde, nous avons alors essayé d'augmenter le rendement en ce dernier corps.

Pour cela, le mode opératoire a encore été modifié, en mettant en suspension dans le formol de la poudre de zinc, et laissant s'élever la température au cours de la réaction. Dans ces conditions, le produit obtenu n'est autre qu'une solution concentrée d'hydrosulfite de zinc-formaldéhyde qui, par refroidissement, laisse déposer de fines aiguilles blanches très stables et qui jouissent d'un pouvoir rongeant extrêmement grand sur les fibres teintes.

En essayant de remplacer le formol du commerce à 40 pour 100 par le trioxyméthylène, nous avons été amenés à étudier différents mélanges

---

(1) PHILIPPE MALVEZIN, *Bulletin Ass. des Ch. de Sucrerie et de Distillerie*, t. 30, p. 738 et suiv. L'auteur signalait particulièrement l'action réductrice sur le réactif de Millon :

$$H - CH\begin{matrix}\diagup OH \\ \diagdown SO^3H\end{matrix} + (NO^3)^2Hg^2 = 2Hg + 2NO^2 + SO^4H^2 + H.COH.$$

(2) A. PIÉDALLU, PH. MALVEZIN et L. GRANDCHAMP (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1129, et t. 171, 1920, p. 1230).

simples de sels sulfureux, de métaux divisés, et de stabilisateurs d'hydrosulfite. Notre attention fut alors de suite fixée sur la facilité avec laquelle l'une de ces préparations donnait naissance, en se décomposant, au contact de l'humidité, à des quantités importantes de réducteurs.

Nous essayâmes de l'appliquer directement en teinture à la réduction de l'indigo et des colorants hélindones, indanthrènes, cibas, etc. Les résultats obtenus dès le début, sur laine et coton, furent des plus encourageants. Avec trois parties de ce produit, nous arrivions à obtenir des teintes sensiblement plus corsées qu'avec une partie d'hydrosulfite, à 88-90 pour 100 de pureté, réalisant ainsi une très intéressante économie.

Dans la préparation de la cuve mère, il se forme, il est vrai, un dépôt qui pourrait être soupçonné d'entraîner une partie de la matière colorante. En réalité, nous n'avons jamais observé de perte de cette nature; il serait d'ailleurs facile d'y remédier en retraitant ces pieds de cuve par une nouvelle quantité de réducteur.

Au moment où un très gros effort est fait, dans les laboratoires, pour perfectionner les méthodes industrielles de préparation des rongeants aux hydrosulfites formaldéhydes et des hydrosulfites en poudre concentrés, surtout employés comme réducteurs, nous avons cru faire œuvre utile en signalant les résultats de nos travaux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la transposition moléculaire accompagnant la déshydratation du diphényl-1.1-diméthyl-2.2-propanol-1.* Note de Mme **Ramart**, présentée par M. Haller.

Dans un précédent travail [1], nous avons exposé la préparation et la déshydratation du diphényl-1.1-diméthyl-2.2-propanol-1 au moyen du mélange d'anhydride acétique et de chlorure d'acétyle. Au cours de cette déshydratation nous obtînmes un carbure et un chlorure fondant à 109°-110°.

L'étude du carbure ne nous avait pas permis d'en élucider la constitution; traité à froid par le permanganate de potassium, il n'est presque pas attaqué; oxydé par de l'acide chromique, il donne une petite quantité d'acétophénone, de la benzophénone un acide fondant à 173° (dont nous poursuivons l'étude) et un peu d'acide benzoïque.

---

[1] *Annales de Physique et de Chimie*, t. 30, 1913, p. 18.

Le chlorure de point de fusion 109°-110° n'est pas le chlorure correspondant au diphényl-1.1-diméthyl-2.2-propanol-1. Nous avons, en effet, obtenu celui-ci parfaitement cristallisé; il fond à 72°.

Nous avons pensé que, si nous pouvions établir la constitution de ce chlorure, le mécanisme de la déshydratation du carbinol serait élucidé. L'étude et l'identification de ce chlorure feront l'objet de la présente Note.

L'étude directe de ce composé n'avait pu être poussée très loin à cause du peu de matière dont nous disposions. L'analyse lui assigne la formule brute $C^{17}H^{19}Cl$; traité par de l'acétate d'argent ou de la potasse, il donne un carbure de composition $C^{17}H^{18}$. Nous avons alors cherché à reproduire systématiquement ce chlorure.

La présence de benzophénone et d'acétophénone parmi les produits d'oxydation de notre carbure permet de concevoir dans sa molécule le groupement

$$\begin{matrix}(C^6H^5)^2 \diagdown \\ CH^3 \diagup\end{matrix} C - .$$

Dans ces conditions, le chlorure ne pouvait avoir que l'une des formules suivantes :

$$\underset{(I).}{\begin{matrix}(C^6H^5)^2 \diagdown \\ CH^3 \diagup\end{matrix} C - CHClC^2H^5,} \qquad \underset{(II).}{\begin{matrix}(C^6H^5)^2 \diagdown \\ CH^3 \diagup\end{matrix} C - CCl(CH^3)^2,} \qquad \underset{(III).}{\begin{matrix}(C^6H^5)^2 \diagdown \\ CH^3 \diagup\end{matrix} C - \begin{matrix} CH^2Cl \\ | \\ CH \\ | \\ CH^3\end{matrix}}$$

Aucun de ces composés n'étant connu, nous avons préparé ceux correspondant aux formules (I) et (II) et avons identifié notre chlorure avec celui possédant la formule (II).

La formation de ce chlorure, dans les conditions où elle a été réalisée, ne peut guère s'expliquer que par la production intermédiaire d'un composé triméthylénique :

$$(C^6H^5)^2 = \underset{OH}{\overset{}{C}} - \underset{CH^3}{\overset{CH^3}{C}} - CH^3 \rightarrow (C^6H^5)^2 = C - \overset{CH^3}{C} - CH^3 \text{ (pont } CH^2\text{)} \rightarrow (C^6H^5)^2 = \underset{CH^3}{C} - \underset{Cl}{\overset{CH^3}{C}} - CH^3$$

Il nous reste maintenant à étudier les carbures pour savoir si le produit de déshydratation du diphényl-1.1-diméthyl-2.2-propanol-1 est celui qui donne, par fixation de HCl, le chlorure de P. F. 110° ou s'il provient de l'enlèvement de HCl à ce chlorure.

Au cours de ce travail nous avons préparé les composés suivants qui n'avaient pas encore été signalés :

Diphényl-2.2-pentanol-3. — Obtenu par l'action du bromure d'éthylmagnésium sur l'$\alpha\alpha$-diphénylpropaldéhyde, ce composé bout à 210°-212° sous 40^{mm} et ne se solidifie pas même à —15°; traité par l'isocyanate de phényl il ne donne pas de phényluréthane.

Diphényl-2.2-chloro-3-pentane. — Il résulte de l'action de $SOCl^2$ sur l'alcool précédent. Liquide plus mobile que l'alcool dont il dérive et qui se décompose partiellement dans la distillation.

Diphényl-2.2-méthyl-3-butane. — Ce produit est obtenu par l'action de l'iodure de méthylmagnésium sur l'$\alpha\alpha$-diphénylpropionate d'éthyl; il bout à 186°-187° sous 14^{mm}. Traité par de l'isocyanate de phényl, il se déshydrate.

Diphényl-2.2-chloro-3-butane. — L'action du $SOCl^2$ sur le carbinol précédent donne le *chlorure cherché* (II) fondant à 108°-109° et qui a été identifié avec le chlorure de transposition.

En résumé, nous avons montré que lors de la déshydration du *diphényl-1.1-diméthyl-2.2-propanol-1* par le mélange de chlorure d'acétyl et d'anhydride acétique, il se fait un chlorure le diphényl-2.2-chloro-3-butane dont la formation ne peut s'expliquer que par la fixation de HCl sur un carbure triméthylénique.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Réactions microchimiques de la dulcine.* Note de MM. G. **Denigès** et R. **Tourrou**, présentée par M. G. Urbain.

Après une certaine période d'éclipse dans son emploi comme édulcorant alimentaire, la dulcine (phénétolcarbamide, *p*-éthoxyphénylurée) réapparaît, depuis quelque temps, dans les limonades, les vins blancs, etc.

Aux noms de Morpurgo (1), Jorissen (2), Wender (3) sont attachés les principaux procédés indiqués pour la détermination de cette substance. Ils reposent sur la mise en œuvre de réactions colorées plus ou moins empiriques, mais dont les deux premières, que nous avons améliorées, présentent un réel intérêt.

Celui que nous faisons connaître ici est d'ordre microchimique. Il est tout à fait caractéristique et d'une extrême sensibilité. Il repose sur l'observation des faits suivants :

Si sur une lame de verre, on dépose, rassemblées, quelques minimes parcelles (des fractions de milligramme) de dulcine, puis si on les humecte avec une fine gouttelette

(1) *Pharm. Centralblatt*, t. 34, p. 468.
(2) *Journal de Pharmacie de Liége*, t. 3, n° 2.
(3) *Pharm. Post.*, t. 26, p. 269.

de NO^3H pur ($D = 1,39$), il se développe aussitôt une coloration et, si le produit essayé n'est pas en excès par rapport à l'acide, il se dissout bientôt, surtout quand on le répartit dans ce dernier avec une fine pointe de verre.

Si l'on porte alors au centre, ou même sur les bords de la solution, l'extrémité effilée d'un agitateur humectée d'eau, un trouble apparaît dans les points de contact des deux liquides suivi bientôt d'un précipité orangé ou rouge brique formé de cristaux microscopiques, orangés, se développant surtout, mais peu à peu, dans les zones de diffusion. Ils sont, le plus souvent, réunis, et certains de leurs groupements rappellent les cristaux d'acide urique formés dans l'urine. On les examinera de préférence au microscope, sans lamelle. Ces cristaux, qui répondent à la formule brute $C^9H^{11}N^3O^4$, ont été identifiés avec la *p*-éthoxynitrophénylurée ou dulcine nitrée de Berlinerblau [1].

Solubles dans un excès de NO^3H concentré, ils se précipitent dès qu'on dilue, même très faiblement, leur solution nitrique : telle est l'explication des résultats fournis par la technique ci-dessus indiquée.

Ils sont très solubles dans le chloroforme. Ce dissolvant enlève même, au moins en forte partie, la dulcine nitrée à sa solution azotique et l'abandonne cristallisée par refroidissement.

En acidulant très faiblement, d'acide acétique, les solutions chloroformiques de nitro-dulcine, surtout quand elles sont très diluées, les cristaux obtenus après évaporation sont souvent plus nets. De plus, lorsque l'évaporation d'une solution, simplement chloroformique, du même produit ne donne qu'une cristallisation confuse, en humectant *à peine* le résidu d'acide acétique et laissant évaporer complètement, les cristaux définitifs se présentent alors distinctement.

Quand on substitue, à l'acide azotique concentré, l'acide étendu de son volume d'eau, la nitration s'effectue aussi, mais elle est un peu plus lente; elle n'est pas accompagnée de dissolution préalable, au moins sensible, et les cristaux orangés du dérivé nitré envahissent la préparation en remplaçant les cristaux incolores de dulcine. D'autre part, ceux-ci, en disparaissant, éliminent les bulles d'air enclavées sous les lamelles superposées qui les constituent, dès qu'ils sont un peu volumineux, et tout se passe, sous le microscope, comme s'il se développait une effervescence marquée avec dégagement de gaz.

Ce caractère se surajoute à celui de la formation de cristaux jaunes pour compléter l'identification de la dulcine.

L'acide sulfurique concentré et l'acide acétique cristallisable sont d'excellents dissolvants de la dulcine; celle-ci se précipite, sous forme micro-cristalline, des solutions par eux obtenues lorsqu'on les dilue avec de l'eau ou un liquide alcalin. Elle se présente également cristallisée, par évaporation de sa solution acétique. On peut mettre ces propriétés à profit pour identifier, par une nouvelle voie, la dulcine au microscope en opérant, par exemple, par gouttes sur lame de verre.

---

(1) *Journ. für prakt. Chem.*, t. 2, p. 30 et 103.

Dans un prochain Mémoire, détaillé, nous développerons la technique de ces diverses réactions et les appliquerons à la recherche de la dulcine dans les boissons fermentées.

MINÉRALOGIE. — *La curite, nouveau minéral radioactif.*
Note [1] de M. **Alfred Schoep.**

Ce minéral provenant de Kasolo, Katanga (Congo belge) se présente : 1° Sous forme de cristaux aciculaires, implantés sur de la chalcolite. Ils sont translucides, brun rougeâtre par réflexion et d'un jaune foncé lorsqu'on les examine par transparence sous une très faible épaisseur. Leur poussière est d'une belle couleur orange. 2° Sous forme d'agrégats cristallins compacts, saccharoïdes, dont la couleur orange rappelle celle de certaines pyromorphites de Leadhills ; leur dureté est comprise entre 4 et 5. 3° Sous forme de masses terreuses, de couleur orange, entourant la variété compacte. Toutes ces modalités du même minéral sont formées de cristaux microscopiques identiques à ceux mentionnés plus haut.

J'ai trouvé les mêmes cristaux bruns recouvrant un autre minéral radioactif, de couleur jaune d'ocre mais dont l'étude n'est pas encore achevée.

Les cristaux ne sont pas mesurables. Ils ont la forme de prismes allongés qui, au microscope, se montrent striés parallèlement à leur longueur. Celle-ci atteint parfois 1^{mm} et leur largeur est en moyenne de $0^{mm},05$. Ils sont biréfringents. En lumière polarisée parallèle, il s'éteignent suivant leur allongement, qui est de signe positif. Je ne suis pas parvenu à voir de figures d'axes optiques. Pour déterminer leur indice de réfraction, j'ai dû me servir de la méthode de Becke, mais sans résultat, car cet indice est supérieur à celui de l'iodure de méthylène.

La densité et la composition chimique ont été déterminées sur des échantillons compacts très purs.

La densité est de 7,192 à 17° C.

Trois analyses m'ont donné les résultats suivants :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	Moyenne.
PbO.........	21,08	21,57	»	21,32
UO^3.........	74,08	74,37	»	74,22
H^2O.........	»	»	4,00	4,00
Fe^2O^3.......	»	»	0,17	0,17
				99,71

[1] Séance du 21 novembre 1921.

Cette composition chimique peut s'exprimer par la formule

$$2PbO, 5UO^3, 4H^2O.$$

Le minéral est soluble, même à froid, dans l'acide azotique. La solution est jaune. Il se dissout également bien dans l'acide chlorhydrique, à chaud; la solution abandonne, par refroidissement, des cristaux de chlorure de plomb.

Le minéral donne de l'eau dans le tube fermé; sa couleur passe alors de l'orange au noir brun; par refroidissement, la poudre prend une teinte brun foncé. Il est très radioactif. Je me propose de revenir sur ce point et sur quelques autres avec plus de détails.

Cette substance constitue une espèce minérale nouvelle que je propose d'appeler *curite* en l'honneur de Pierre Curie.

GÉOLOGIE. — *Sur les terrasses fluviales du Kiss, du Sebou et de l'Ouergha (Maroc).* Note de M. **P. Russo**, transmise par M. Ch. Depéret.

J'ai eu l'occasion, au cours des étés de 1920 et 1921, d'étudier d'une part les terrasses de l'oued Kiss, dans le Maroc oriental, et d'autre part, au Maroc occidental celles des oueds Sebou et Ouergha dans la partie de leur cours situé en aval du méridien de Fès.

Oued Kiss. — J'ai observé la terrasse de 30^m, bien conservée, tout le long du cours de l'oued, de Martimprey aux gorges de Saïdia-Port Say, à l'altitude de 27^m à 30^m au-dessus du lit majeur.

A une altitude supérieure, on rencontre, de place en place, une seconde terrasse moins bien conservée, oscillant entre les cotes 40^m et 45^m.

Au-dessous, s'étagent deux niveaux; un premier oscillant entre 18^m et $22^m,50$, et un deuxième oscillant entre $6^m,50$ et $7^m,50$.

En dehors de cette série, et tout aux abords des gorges de Saïdia-Port Say, et s'appuyant à l'écaille des calcaires jurassiques, existe une série de cailloutis roulés passant latéralement à des sables et situés à la cote 85^m.

Le fleuve court du Sud-Est au Nord-Ouest et les terrasses se montrent de Martimprey jusqu'aux gorges de Saïdia-Port Say.

En aval, sur 7^{km} environ, la terrasse de $7^m,50$ subsiste seule jusqu'au voisinage de l'embouchure.

Vallée du Sebou. — On rencontre dans la vaste plaine alluviale qui s'étend de Petitjean à Kenitra une série de terrasses bien individualisées, surtout

sur la rive gauche et situées à des altitudes relatives comprises entre 25^m et 30^m. Des niveaux de cailloutis au milieu de zones marécageuses dans le Sud se montrent vers 7^m.

Dans la région située entre Magrouna et Souk es Sebt du Sebou, un ensemble de 35 mesures m'a permis de constater : une série de terrasses situées au niveau moyen de 7^m, une autre au niveau moyen de 17^m, une autre au niveau moyen de 28^m, une autre enfin à 60^m. En allant de Souk es Sebt à Karia, on peut parfaitement suivre la série représentée dans les jardins de Souk es Sebt par $8^m,10$, 18^m, 31^m, 60^m sans compter un niveau inconstant situé à $4^m,50$.

Vallée de l'Ouergha. — Entre Magrouna et la région des Oulad Slimane, la terrasse de 30^m est très bien représentée, les autres sont à l'état de lambeaux. Magrouna est au confluent des deux oueds, et les terrasses se comportent symétriquement sur le Sebou et l'Ouergha.

Si l'on compare ces données à celles recueillies par M. Passemard en amont de Fès, et à celles que j'ai antérieurement recueillies sur l'Oum er Rbia, on voit que les séries de niveaux connues dans les fleuves d'Europe et d'Algérie se montrent sensiblement identiques dans divers bassins hydrographiques marocains. Ces observations attestent le caractère général et la conformité, dans toutes les vallées de l'Europe et de l'Afrique du Nord, des changements successifs des niveaux de base, conformément aux vues exprimées par MM. de Lamothe, Depéret, Gignoux, Chaput, etc.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur les plates-formes d'érosion des monts du Bihar (Roumanie).* Note de M. **Emmanuel de Martonne**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai découvert, en 1904, dans les Alpes de Transylvanie une remarquable plate-forme d'érosion ancienne (¹), reconnu ensuite deux plates-formes plus récentes (²). Sawicki a depuis signalé ma plate-forme Riu Ses dans le Bihar et la Poïana Ruska. Des excursions poursuivies dans le premier de ces massifs d'avril à septembre viennent de me permettre de retrouver les trois plates-formes des Alpes de Transylvanie et de fixer l'âge de la plus ancienne, resté jusqu'ici incertain.

(¹) *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 1440.

(²) *Thèse de doctorat*, 1907.

Complètement isolé de la chaîne à laquelle on applique ordinairement le nom de *Carpathes*, le massif du Bihar en fait pourtant partie par sa constitution géologique. Cette constitution nous est connue par les travaux des géologues hongrois Loczy, Koch, Sadecky, Palfy, Roth, et par la publication de plusieurs cartes géologiques au $\frac{1}{75000}$. On y reconnaît toutes les formations carpathiques : les deux groupes de schistes cristallins, une série sédimentaire mésozoïque riche en calcaires, le flysch crétacé lui-même, et d'importantes masses volcaniques dont l'émission durait encore au Néogène. La tectonique, qui n'a pas encore été interprétée à la lumière des idées modernes, offre des complications qui semblent ne pouvoir être éclaircies que par l'hypothèse de charriages antérieurs au Crétacé supérieur.

Les plus hauts sommets du Bihar, formés de micaschistes, gneiss et roches éruptives, offrent, entre 1500^m et 1800^m, le même aspect que les hauts sommets carpathiques où j'ai défini la « plate-forme Boresco », relief émoussé, sols de décomposition profonds, dépressions tourbeuses (c'est ce que l'on peut appeler provisoirement la *plate-forme de Càrligata*). D'autre part, le bord NE de la montagne, constitué par des schistes métamorphiques, offre des croupes remarquablement uniformes, descendant régulièrement vers l'Est, témoins d'une surface d'érosion ancienne, séparés par des vallées encaissées d'une jeunesse frappante (c'est ce que nous appelons provisoirement la *plate-forme de Farcas*).

La longue croupe de Farcas a l'apparence d'une table parfaite. A sa surface on trouve des lambeaux d'argiles bariolées et arènes granitiques, produits éluviaux caractéristiques d'une pénéplaine ancienne, montant jusqu'à 1100^m. Au bord de la montagne, ces argiles plongent rapidement avec la pénéplaine fossile qu'elles recouvrent. Elles sont datées par les couches à *Nummulites perforata* qui les surmontent et dont on trouve encore des lambeaux sur la plate-forme Farcas elle-même jusqu'à plus de 1000^m. Cette plate-forme, plus ancienne que l'Eocène moyen, est plus récente que le Crétacé supérieur (flysch) quelle recoupe nettement dans la vallée du Somesh, un peu en amont de Gyalu.

Sa pente qui est de 7 à 8 pour 1000, c'est-à-dire deux fois moindre que celle du thalweg actuel du Somesh, indique qu'elle n'a presque pas été dérangée depuis sa formation, sauf au bord même de la montagne, où son plongement est de 5 à 8 pour 100. En plusieurs points j'ai même constaté une rupture ; la faille du Sator notamment dénivelle les argiles bariolées de 240^m. Dans les environs de Jara et Kakova, la pénéplaine fossile, avec couverture d'argiles et lambeaux de couches à *Nummulites perforata*, est affectée d'une ondulation synclinale l'abaissant à 640^m, le synclinal se rétrécissant vers le Sud, avec un bord au moins faillé.

La plate-forme de Farcas, pénéplaine éocène, est identique à la plate-forme de Càrligata; la continuité se suit par les croupes montant vers le Sud-Ouest jusqu'à Muntele mare et Balamiresa, et de là vers Càrligata et Virfu Poeni. Mais si l'on se dirige directement de Farcas vers l'Ouest, le raccord n'apparaît pas. La solution de continuité est due au développement d'une surface d'érosion plus récente, parfaitement nette à Marisel (*plate-forme de Marisel*), suivant la vallée du Somesh, sous forme de replats à 400^m au-dessus du thalweg actuel, et avec à peu près la même pente. On la reconnaît à l'absence des argiles éocènes et aux formes plus ondulées que celles de la plate-forme Farcas. Au débouché du Massif cristallin, elle est à 800^m. C'est à peu près l'altitude des plus hautes collines tertiaires de Transylvanie, dont les sommets, remarquablement uniformes, ne sont pas des plates-formes structurales, car leur plan tranche les couches éocènes notablement inclinées, les deux bancs de calcaire grossier formant des *côtes*. La plate-forme Marisel, qui s'est étendue sur le Paléogène, est donc plus récente. Elle correspond à la plate-forme que j'ai appelée Riu Ses dans les Alpes de Transylvanie.

La partie des monts du Bihar au sud du parallèle de Muntele mare, c'est-à-dire le bassin supérieur de l'Aries (Aranyos), montre un dédale de crêtes étroites dans la région du flysch, de croupes arrondies ou de plateaux carstiques suivant que le sol est cristallin ou calcaire; mais toutes ces hauteurs sont à peu près au même niveau, 900^m à 1000^m. Cette *plate-forme de l'Aries* n'est pas, comme l'a cru Sawicki, une partie affaissée de la plate-forme Càrligata; car elle pénètre en golfe dans l'aire de cette plate-forme, et sa continuité topographique avec la plate-forme Marisel s'établit par l'intermédiaire des hautes collines de Cluj et des replats de la chaîne calcaire de Turda.

L'existence d'une troisième génération de formes topographiques est évidente dans la bordure méridionale des monts du Bihar entre Abrud et Deva. On y voit, dominés par des témoins de la plate-forme de l'Aries formés de roches plus dures (calcaires, andésites, etc.) se développer de larges replats, ou des collines entourant les bassins néogènes. Ce niveau s'étale en une sorte de terrasse à 400^m le long du Mures, avec couverture de cailloutis par places. On doit y rattacher les replats qui s'observent sur les versants de l'Aries à 150^m environ au-dessus du thalweg, les larges surfaces développées dans les collines de Cluj entre les sommets et le thalweg du Somesh, et les hautes vallées incroyablement mûres de certains affluents de l'Aries, restées suspendues à 500^m d'altitude par suite de l'obstacle que

des roches dures (calcaires ou porphyrites) opposent, dans le cours inférieur, au creusement du dernier cycle (haut Hesdat en amont de la cluse de Turda, bassin de Trascau ou Toroczko). Ce serait l'équivalent de la plate-forme Gornovitza des Alpes de Transylvanie (Pliocène supérieur).

Les masses volcaniques de la région d'Abrud ne sont pas posées sur la plate-forme de l'Aries, comme l'a cru Sawicki. En trouvant les tufs andésitiques jusqu'à 800^m et même moins, on est obligé d'admettre que cette plate-forme était déjà ravinée avant leur projection, inaugurant le cycle qui devait aboutir à la dernière plate-forme.

En résumé, nous avons dans le Massif du Bihar au moins trois générations de formes, correspondant au moins à trois cycles d'érosion. La plus ancienne, comprenant la plate-forme Farcas et son équivalent des hauts sommets, la plate-forme Carligata est exactement datée par sa couverture éocène, enregistrant, sur le bord NE de la montagne, des dislocations marginales. Son relèvement jusqu'à 1800^m est dû vraisemblablement à un gauchissement. La plate-forme Marisel et son équivalent, plus amplement développé, la plate-forme de l'Aries, ne montrent pas de dislocations évidentes. Encore moins la plate-forme pliocène plus récente. L'affaissement des régions voisines peut avoir été le principal facteur de leur ravinement.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Recherches sur l'épicycle mindélien dans la haute vallée de la Cère et sur le plateau de Lacapelle-Barrez (Cantal)*. Note [1] de Mlle **Yvonne Boisse de Black**, présentée par M. Émile Haug.

Dans une précédente Note, j'ai montré que les alluvions günziennes du Cantal ne sont plus observables que sur les points où les coulées de basalte les ont protégées contre l'érosion. J'ai montré, en outre, dans une Note en collaboration avec M. P. Marty, que, à la suite de ses dernières éruptions basaltiques, ce massif se composait de cinq grands appareils éruptifs, qui règlent encore aujourd'hui l'orographie et l'hydrographie du massif.

Mais deux d'entre eux y jouent un rôle prépondérant : ce sont le mont Saporta, volcan mio-pliocène et trachy-andésitique, qui se dressait sur l'emplacement approximatif du Plomb du Cantal. A 8^{km} au NW avait surgi à travers la base du précédent, un autre volcan, l'Albert Gaudry, presque exclusivement pliocène et andésitique. Celui-ci, plus volumineux que le mont Saporta, a, en quelque sorte, ennoyé une partie de la base de ce dernier dans ses coulées boueuses.

---

(1) Séance du 28 novembre 1921.

Ainsi les conglomérats andésitiques issus du cratère de l'Albert Gaudry dessinent comme un fer à cheval autour du pied du mont Saporta. La ligne d'intersection des pentes de l'Albert Gaudry et des contreforts du mont Saporta forment une courbe semi-circulaire. Cette sorte de dépression en arc de cercle se relève de part et d'autre jusqu'au point de moindre distance entre les sommets des deux volcans. Ce point est le Puy Lioran. De l'ensellement produit par le col de ce nom divergent, en s'abaissant, les deux branches de l'arc commissural qui vient d'être décrit. Ces deux segments ont une importance capitale dans l'hydrographie cantalienne. Celui qui s'oriente vers le SW forme la haute vallée de la Cère. Celui qui s'oriente vers le NE forme la haute-vallée de l'Allagnon. Ainsi, ces deux vallées ont été, à l'origine, non des vallées d'érosion, comme on l'a cru jusqu'ici, mais des vallées structurales. Au lieu de se prolonger, ainsi qu'elles le font aujourd'hui, l'une, la Cère, vers le SW pour atteindre la Dordogne; l'autre, l'Allagnon, vers le NE, pour atteindre l'Allier, elles suivaient alors l'une et l'autre, jusqu'à leurs extrémités, les deux branches de l'arc commissural qui les rejetait toutes deux vers le sud pour les rendre tributaires de la Truyère et du Lot.

Au cours de l'épicycle rissien, elles furent capturées par des rivières périphériques au massif, la vallée de la Cère, à la hauteur de Vic, la vallée de l'Allagnon, à la hauteur de Murat. A partir de ce moment, la Cère et l'Allagnon sont devenues des rivières d'origine hétérogène dans l'espace et dans le temps. La Cère fut composée d'un segment structural et mindélien, de sa source à Vic, et d'un segment d'érosion et rissien, de Vic à son embouchure. L'Allagnon fut composée d'un segment structural et mindélien, de sa source à Murat, et d'un segment d'érosion et rissien, de Murat à son embouchure. A la hautenr de Vic, la Cère recevait et reçoit encore un affluent de droite, issu des pentes de l'Albert Gaudry, le ruisseau de Salilhes. A la hauteur de Murat, l'Allagnon recevait et reçoit encore un affluent de rive gauche, issu des pentes de l'Albert Gaudry, le ruisseau de la Chevade. En outre, au Mindélien, la Cère avait comme affluent de rive gauche le Goul actuel, issu de l'*atrium* du volcan du Puy Gros; et l'Allagnon avait, comme affluent de rive droite, le Lender, issu des pentes du mont Saporta.

Au rissien, un cours d'eau venant du sud-ouest captura par érosion régressive la partie structurale supérieure de la vallée de la Cère, à la hauteur de Vic; le segment structural compris entre Vic et le confluent du Goul décapité devint une vallée sèche; c'est le col actuel de Curebourse. La partie inférieure de la vallée structurale de la Cère ne fut plus alimentée que par le Goul, qui lui a imposé son nom. Au même épicycle, un cours d'eau captura, par érosion régressive, la partie structurale supérieure de la vallée de l'Allagnon, à la hauteur de Murat; le segment structural de cette vallée pris entre Murat et le confluent du Lender, décapité, devint une vallée sèche. C'est le col actuel de Pignou. La partie inférieure de la vallée structurale de l'Allagnon ne fut plus alimentée que par le Lender, qui lui a imposé son nom.

Je m'occuperai uniquement ici de la région sud-ouest du massif, à l'exclusion de l'Allagnon, qui sort désormais du cadre de mes recherches.

Un des caractères de l'érosion mindélienne dans le Cantal est de présenter de fréquents déplacements de thalwegs, par rapport aux thalwegs

de l'épicycle précédent. Les thalwegs des vallées günziennes ayant été protégés jusqu'à une certaine hauteur par les coulées de basalte qui les ont suivis, les cours d'eaux de ces vallées ont dû se creuser un nouveau lit, en obéissant à la loi du moindre effort. Ils ont généralement effectué ce travail en attaquant la ligne d'intersection des versants de conglomérat friable et du thalweg basaltique résistant. Ils ont ainsi, peu à peu, érodé les collines de conglomérat, interposées entre les vallées günziennes, et creusé leur nouveau lit à l'emplacement qu'occupaient précédemment ces collines séparatives; ce qui était colline est devenu thalweg et réciproquement. Il y a là une véritable inversion du relief, dont les environs de Carlat offrent un exemple devenu classique. Les axes hydrographiques mindéliens de la région que j'étudie sont donc latéraux par rapport aux axes günziens, mais ils ne leur sont pas moins sensiblement parallèles. Les uns et les autres ont eu pour facteurs des rivières progressives et centrifuges préconditionnées par des dépressions structurales, comme celles décrites plus haut. Les épicycles suivants sont caractérisés, dans la même région, par un réseau de rivières périphériques et régressives, qui, au moyen d'une série de captures, ont modifié la direction générale des anciens axes hydrographiques. Les axes du Günzien et du Mindélien forment donc entre eux un système concordant, qui diffère beaucoup du système également concordant des axes rissien et würmien. Le système günzien et mindélien, dans ma région d'études, est voisin de la direction N-S; le système rissien et würmien, de la direction E-W. Aussi est-il rare que, dans une vallée encore active, se superposent parallèlement les trois auges mindéliennes, rissiennes et würmiennes. Le fait est cependant bien net dans la vallée du Goul.

A l'intersection des pentes structurales du massif volcanique et de la plateforme oligocène qui le supporte dans le bassin d'Aurillac, le réseau des vallons mindéliens se raccorde à la haute terrasse de ce bassin, dite terrasse de 640^{m} ou de Tronquière. Dans cette région, les mamelons arrondis qui forment les points culminants sont les buttes-témoins de la pénéplaine mindélienne.

SISMOLOGIE. — *Sur la périodicité de l'agitation microsismique.* Note de M. L. **Eblé**, présentée par M. Bigourdan.

On sait que les sismographes révèlent un mouvement presque ininterrompu de la surface terrestre, auquel on a donné le nom *d'agitation micro-*

sismique, et qui consiste en une succession d'ondes dont la période est comprise entre 4 et 8 secondes et l'amplitude très variable suivant les époques. La cause de ces phénomènes n'est pas encore connue avec certitude.

La mesure de ces petits mouvements à toutes les heures de tous les jours constituerait un travail extrêmement pénible, mais serait le seul procédé d'étude absolument rigoureux. Un procédé approximatif et très rapide, employé à l'Observatoire sismologique du Parc Saint-Maur, permet cependant de mettre quelques points en évidence. Il consiste à attribuer à chaque intervalle d'une heure de la journée un chiffre indiquant à l'estime le degré d'agitation; on a adopté la notation suivante : 0, calme; 1, peu agité; 2, agité; 3, très agité (1). C'est en somme un procédé analogue à l'ancienne classification des étoiles par grandeurs, ou à l'appréciation de la vitesse du vent d'après l'échelle de Beaufort.

Quelque grossier que soit ce procédé, il met cependant en lumière des variations périodiques de l'agitation. De même que l'utilisation de l'échelle de Beaufort permet d'apercevoir sur des moyennes la variation diurne de la vitesse du vent, l'usage des cotes d'agitation microsismique met en évidence l'existence d'une variation annuelle et d'une variation diurne de ce phénomène.

Si nous adoptons pour unité la valeur moyenne, 1,15 du degré d'agitation au cours des 10 années 1911 à 1920, nous aurons, en lui rapportant toutes les cotes, une mesure de l'agitation en unités arbitraires.

La variation annuelle, évidente du reste, en dehors de tout calcul, prend alors le caractère d'une variation périodique simple assez régulière, présentant un minimum très net en juillet et un maximum moins bien marqué en janvier ou février; voici les valeurs mensuelles :

Janvier	1,35	Juillet	0,60
Février	1,36	Août	0,69
Mars	1,11	Septembre	0,87
Avril	0,96	Octobre	1,05
Mai	0,78	Novembre	1,25
Juin	0,71	Décembre	1,28

La variation diurne apparaît également très nette sur la moyenne annuelle et sur les moyennes saisonnières.

(1) Voir *Annales du Bureau Central Météorologique*, t. 1, 1910, p. 44.

h	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	Année.
1	1,278	0,923	0,641	1,019	0,965
2	1,273	0,922	0,644	1,017	0,963
3	1,270	0,921	0,647	1,018	0,963
4	1,273	0,922	0,651	1,022	0,967
5	1,282	0,927	0,658	1,029	0,974
6	1,304	0,942	0,666	1,043	0,989
7	1,336	0,959	0,677	1,059	1,003
8	1,356	0,969	0,690	1,065	1,020
9	1,361	0,970	0,704	1,068	1,025
10	1,363	0,965	0,700	1,070	1,024
11	1,364	0,961	0,687	1,070	1,020
12	1,366	0,958	0,683	1,068	1,019
13	1,368	0,961	0,678	1,072	1,020
14	1,373	0,963	0,673	1,079	1,022
15	1,377	0,963	0,672	1,080	1,023
16	1,374	0,965	0,672	1,080	1,023
17	1,367	0,965	0,670	1,081	1,021
18	1,358	0,963	0,669	1,077	1,017
19	1,346	0,958	0,667	1,066	1,016
20	1,334	0,949	0,659	1,055	1,009
21	1,321	0,937	0,653	1,047	0,999
22	1,304	0,928	0,650	1,042	0,989
23	1,296	0,924	0,649	1,037	0,981
24	1,288	0,923	0,646	1,026	0,975

On reconnaît que l'amplitude de la variation est beaucoup plus forte en hiver qu'à aucun autre moment de l'année et qu'elle est un peu plus grande en été qu'aux saisons intermédiaires. Mais ce qui est le plus intéressant, c'est que le maximum d'agitation se place à 15^h en hiver, à 9^h en été; au printemps et en automne, on trouve deux maxima presque égaux le matin et le soir. C'est évidemment le caractère que possède aussi la moyenne annuelle.

Ces particularités ressortent bien si l'on représente ces différentes marches diurnes par des développements harmoniques; nous les limiterons aux termes diurnes et semi-diurnes et nous représenterons l'agitation exprimée dans la même unité que plus haut, par

Hiver....... $1,331 + 0,053\cos(t - 200^\circ) + 0,011\cos(2t - 231^\circ)$
Printemps... $0,947 + 0,024\cos(t - 191) + 0,010\cos(2t - 220)$
Été......... $0,666 + 0,022\cos(t - 165) + 0,009\cos(2t - 243)$
Automne.... $1,054 + 0,035\cos(t - 214) + 0,009\cos(2t - 209)$

Les phases sont évaluées en angles, à raison de 15° par heure.

On voit que l'agitation microsismique, plus ou moins forte suivant la saison, subit une variation semi-diurne à peu près constante à laquelle se superpose une variation diurne, environ deux fois plus grande en hiver qu'en été et se produisant environ 3 heures plus tôt en été qu'en hiver.

Cette variation diurne et sa forme particulière sont des résultats d'expérience que nous ne prétendons pas expliquer, mais que ne devront pas négliger les théories proposées pour rendre compte de l'agitation.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Mesure de l'influence de la chaleur et de la lumière sur l'activité de réduction des tissus animaux, et applications à l'héliothérapie.* Note de M. **J. Vallot**, présentée par M. Deslandres.

La pratique de l'héliothérapie a montré empiriquement que la lumière solaire pouvait produire certains effets spéciaux sur l'organisme, mais le mécanisme de ces effets semble encore inconnu.

M. H. Roger a montré [1] que l'action des tissus animaux sur le bleu de méthylène peut servir à apprécier l'intensité de leur pouvoir réducteur, le temps nécessaire pour sa décoloration donnant la mesure de cette intensité.

En appliquant cette méthode dans la préparation de ses expériences au mont Blanc, M. R. Bayeux a remarqué certaines différences dans les expériences faites à la lumière, et m'a conseillé d'étudier l'influence respective des rayons lumineux et des rayons calorifiques. Il m'a mis au courant des détails de la méthode, et c'est à son obligeance que je dois la préparation des pulpes employées.

Les extraits glycérinés, étendus d'une solution de bicarbonate de soude, comme le conseille M. H. Roger, et additionnés de bleu étaient versés dans des tubes à expérience accompagnés d'un tube témoin, préparé de même, contenant un thermomètre. L'*activité* de la réduction étant en raison inverse du temps nécessaire pour la décoloration, exprimant par 1000 la réduction qui aurait lieu en 1 minute et par « n » le nombre de minutes d'une réduction, on a activité $= \frac{1000}{n}$.

Plusieurs séries d'expériences ont été faites sur du foie de cobaye, de la cervelle d'agneau et du foie de veau. Les résultats de chaque série ont été traduits en courbes graphiques dont j'ai extrait le Tableau suivant :

---

[1] *Revue de Médecine*, 38e année, 1921, n° 1.

Température.	Temps de réduction à l'obscurité.	Temps de réduction au soleil.	Activité de réduction à l'obscurité.	Activité de réduction au soleil.	Rapport.
38°.........	16	11	62	90	1,5
36.........	19	12	53	81	1,5
32.........	29	16	35	62	1,8
28.........	47	23	21	45	2,1
24.........	74	32	12	31	2,3
20.........	117	46	9	22	2,6
15.........	260	»	4	»	»

Influence de la chaleur dans l'obscurité. — L'activité de la réduction est très considérable aux environs de la température du corps humain, mais elle diminue de plus en plus rapidement lorsque la température s'abaisse. De 62 à 38°, elle tombe au-dessous de 4 à 15°.

Lumière diffuse. — La lumière du laboratoire, même près d'une fenêtre bien éclairée, a donné les mêmes chiffres que l'obscurité; une lumière faible n'a donc pas d'action propre sur l'activité de la réduction.

Lumière électrique. — J'ai employé une lampe à incandescence demi-watt de 50 bougies à la distance de 15^{cm}, dont la radiation en calories n'était que de 0,05. A une température de 20° l'activité a été de 20, contre 13 dans l'obscurité. Le rapport est de 1,5, soit une augmentation de moitié causée par la lumière. Il n'a pas été fait d'expériences à haute température.

Radiation solaire. — Pendant les expériences, la radiation mesurait, en calories, 1,05 à 1,25.

Dans les pulpes soumises à la radiation solaire, l'activité diminue avec la température, mais beaucoup moins rapidement qu'à l'obscurité. Il en résulte que le rapport entre l'obscurité et la lumière varie avec la température. A 20°, il est de 2,5, montrant notamment que l'action de la lumière solaire est supérieure à celle du foyer électrique employé, qui ne donne que 1,5, malgré son extrême proximité. D'après ce chiffre, la lumière solaire produit un effet relatif considérable, dépassant celui de la chaleur, à basse température. A mesure que la température s'élève, cet effet relatif diminue, le rapport n'étant plus que de 1,5 à 38°; mais la chaleur donnant un chiffre d'activité très élevé à cette température, la totalisation des deux radiations produit un effet considérable.

Applications à l'héliothérapie. — Ces résultats jettent un jour nouveau sur la théorie et la pratique de l'héliothérapie. *L'action thérapeutique de la radiation solaire s'explique par la forte augmentation de l'activité de réduc-*

tion des tissus qu'elle provoque. Il y a là une cause importante de réparation pour les plaies, et de vitalité pour les organismes affaiblis.

Le but étant d'obtenir une activité aussi grande que possible, la diminution rapide causée par l'abaissement de la température oblige à placer les malades dans un milieu suffisamment chaud pour que les surfaces insolées ne soient pas trop refroidies par la température ambiante; c'est ce que j'avais pressenti en imaginant l'usage des écrans réflecteurs pour maintenir autour du sujet une ambiance chaude pendant la cure d'hiver [1].

L'influence bienfaisante de la pigmentation s'explique par l'absorption calorifique produite par les surfaces pigmentées, qui permet aux radiations lumineuses d'agir à une température plus chaude.

La lumière électrique produit des effets analogues à ceux de la lumière solaire. Les bains de lumière obtenus à l'aide de la lampe à incandescence peuvent être préconisés, à condition de ne pas forcer la température, car M. Roger a démontré qu'un chauffage prolongé à 50° abolit le pouvoir réducteur des tissus.

Quant aux radiations ultraviolettes produites par les lampes à arc, je ne les ai pas étudiées. Leurs effets destructeurs bien connus, utilisés avec succès dans le traitement de certaines maladies, n'ont aucun rapport avec ceux de la cure solaire proprement dite.

La lumière diffuse ne produisant aucune augmentation de l'activité, il faut rechercher la lumière solaire *directe*, aussi vive qu'il est possible. A l'altitude, la radiation est un peu plus forte, mais son influence est contrebalancée par l'abaissement de la température ambiante, dont il faut tenir compte.

L'exposition des malades à la radiation d'un ciel couvert ne peut donner aucune augmentation d'activité. La pratique de *l'aérothérapie* sans soleil peut avoir une influence salutaire sur certaines affections, mais ce n'est pas de *l'héliothérapie*. Ces deux méthodes de cure ont des modes d'action essentiellement différents et ne doivent pas être confondues.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 160, 1914, p. 486.

BACTÉRIOLOGIE. — *Taux et rythme de disparition de la matière organique au cours de l'épuration des eaux d'égout par le procédé des boues activées.* Note (¹) de MM. **Paul Courmont**, **A. Rochaix** et **F. Laupin**, présentée par M. Widal.

Si, en France, on tient le plus grand compte de la disparition de l'ammoniaque pour apprécier le degré d'épuration des eaux d'égout par le procédé des boues activées, les auteurs anglais, Ardern et Lockett notamment, ne lui attribuent qu'une importance secondaire. Ils considèrent la disparition de la matière organique comme beaucoup plus intéressante.

Les chiffres fournis par la plupart des auteurs sont très satisfaisants : Ardern et Lockett, à Manchester, ont obtenu 80 à 90 pour 100 de réduction de la matière organique. Wakeford, à Wakefield, des chiffres oscillant autour de 90 pour 100. Chalken, Hatton et William-R. Coppeland ont obtenu le même degré d'épuration à la station de Milwankee. Par contre, Dienert, à Colombes, n'a jamais pu obtenir une réduction dépassant sensiblement 50 pour 100. D'autre part, alors que, dans les expériences des auteurs américains et anglais, les hauts degrés d'épuration mentionnés ont été atteints rapidement, en une ou deux heures, il a fallu, à Colombes, attendre la fin du soufflage et la disparition de l'ammoniaque pour voir la matière organique tomber à 50 pour 100 de son taux initial.

Nous avons examiné la question de la disparition de la matière organique sous son double aspect : *taux* et *rythme*.

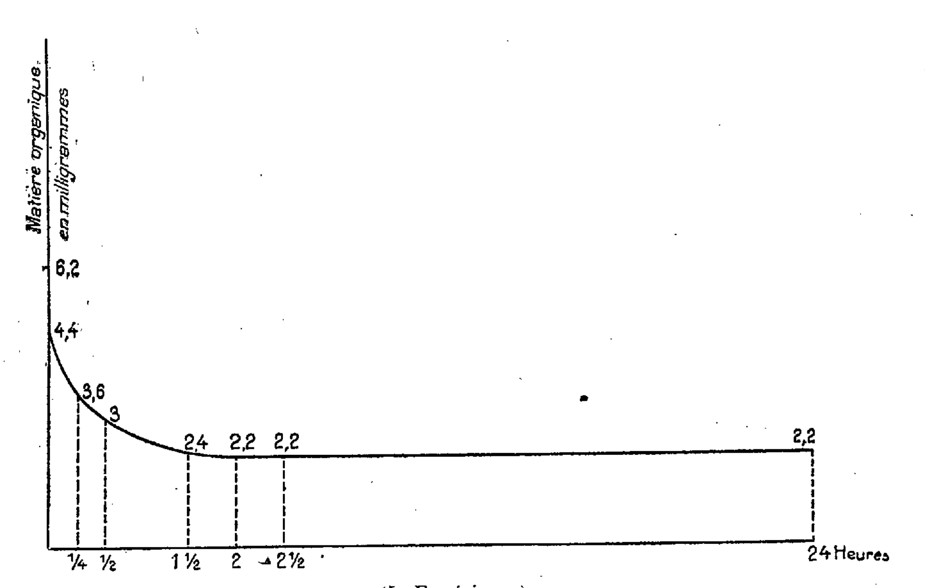
Expériences. — Des quantités d'eau d'égout, variant de 2¹ à 6¹, ont été aérées, en présence du quart de leur volume de boues activées, pendant des temps variant de 6 à 72 heures. Des prises d'essai, faites au cours de la période d'aération, ont permis de suivre la disparition de la matière organique. Douze expériences sont résumées dans le Tableau suivant où la matière organique est représentée par l'oxygène consommé en 4 heures, en milieu acide (en milligrammes) et le temps est exprimé en heures. Le temps 0 représente l'instant du mélange de la boue activée et du sewage.

(¹) Séance du 28 novembre 1921.

Matière organique (oxygène absorbé en 4 heures).

Au cours de l'expérience	Dans le sewage brut.	Dans le mélange sewage-boue activée après aération de														
		0.	1/4.	1/2.	1.	1 1/2.	2.	2 1/2.	3.	3 1/2.	4.	5.	6.	24.	48.	72.
N° 1....	8,4	5,6												2,8		
N° 2....		7,1											3,6	3,5		
N° 3....	9,6	7,2		5,4	5	4,4							3,6	3,7	3,6	3,6
N° 4....		3,7		2,9		2,6	2,2		2,1				2,1	2,1		
N° 5....	6,2	4,4	3,6	3		2,4	2,2	2,2						2,2	2,2	
N° 6....	12,4	9,1		7,8	7			4,8			4,7		4,8	4,8	4,8	4,9
N° 7....	8,3	5,9							2,9		2,7		2,7	2,7		
N° 8....		7,4			5,2			3,7					3,7	3,8		
N° 9....		9,3					4,6							4,4		
N° 10....	7,3	5,2				3,6	2,9	2,5					2,5			
N° 11....	7,4	5,4		4,1			3,2	2,8					2,7	2,8		
N° 12....	6,2	4,8											2,4			

Si, pour rendre la représentation du phénomène plus concrète, on établit la courbe de disparition de la matière organique en fonction du temps, on obtient le schéma suivant.



(5ᵉ Expérience).
Courbe schématisant la disparition de la matière organique en fonction du temps.

Conclusions. — Nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° *Taux limite de disparition de la matière organique.* — Les chiffres du

Tableau ci-contre montrent que le rapport de la matière organique de l'effluent à la matière organique du sewage brut avant mélange avec les boues activées, pris comme expression du taux d'épuration, varie dans nos expériences de 61 à 68 pour 100.

Si l'on considère le rapport de la matière organique de l'effluent à la matière organique du sewage après son mélange avec les boues activées, on constate que ce rapport est toujours peu différent de 50 pour 100.

Souvent même (expériences 3, 5, 8, 11 et 12) il est rigoureusement égal à 50 pour 100 et les chiffres que nous avons trouvés *a priori* en appliquant cette remarque n'ont jamais différé de façon appréciable des chiffres que nous a fournis l'expérience, par la suite.

2° *Rythme de disparition de la matière organique.* — Nos douze expériences montrent que le taux de la matière organique diminue brusquement par simple mélange avec les boues activées.

Pendant la durée de l'aération ultérieure, la disparition de la matière organique, intense au début, va sans cesse décroissant pour atteindre son taux-limite en 2^h30^m en moyenne. Le taux-limite n'est jamais dépassé, même lorsqu'on prolonge pendant plusieurs jours la durée de l'aération.

La continuité de la courbe, que nous avons établie à titre d'exemple, montre que la disparition de la matière organique suit une allure décroissante assez régulière.

MÉDECINE. — *Action de certains dérivés du bismuth sur la syphilis.* Note de MM. **R. Sazerac** et **C. Levaditi**, présentée par M. E. Roux.

Nous avons montré précédemment ([1]) que le tartrobismuthate de potassium et de sodium est un spirillicide d'une activité remarquable et dont l'action, tant chez l'homme que chez l'animal, est comparable à celle des meilleurs médicaments antisyphilitiques connus. Les résultats cliniques obtenus, d'autre part, par MM. L. Fournier et L. Guénot ([2]), ainsi que par M. A. Marie ([3]), sont venus confirmer nos premières données concernant l'efficacité de la nouvelle médication dans le traitement de la syphilis.

Il était à prévoir que, en outre du tartrobismuthate, un certain nombre

([1]) R. Sazerac et C. Levaditi, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1391, et t. 173, 1921, p. 338.

([2]) L. Fournier et L. Guénot, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 674.

([3]) A. Marie, *Société de Médecine*, novembre 1921.

de dérivés du bismuth devaient jouir de propriétés antisyphilitiques plus ou moins marquées. C'est ce que confirment entièrement nos nouveaux essais concernant quelques-uns de ces dérivés. Nous rendrons compte ici des résultats obtenus avec chacun d'eux.

Citrate de bismuth ammoniacal. — En solution dans l'eau, ce sel, administré par voie sous-cutanée, est notablement plus toxique pour le lapin que le tartrobismuthate. La dose de 50^{mg} par kilogramme tue le lapin en 3 à 4 jours, alors que la même dose de tartrobismuthate est tout à fait inoffensive.

Administré au lapin par voie sous-cutanée, ce sel se montre assez actif, comme en témoigne l'essai suivant :

Le *lapin 94-B*, porteur de lésions préputiales riches en tréponèmes (virus neurotrope), reçoit $0^{g},015$ de citrate de bismuth ammoniacal par kilo, en injection sous-cutanée. Deux jours après, on ne trouve plus de tréponèmes. Le troisième jour, on décèle un seul spirochète. Nouvelle injection, ce jour-là, de $0^{g},20$ par kilo de sel bismuthique. Disparition totale des parasites, le quatrième jour, sans récidive.

MM. L. Fournier et L. Guénot [1], de leur côté, ont essayé le citrate de bismuth ammoniacal dans le traitement de la syphilis chez l'homme. Les effets curatifs de ce sel leur ont paru assez satisfaisants, mais l'injection des solutions aqueuses de ce corps est assez douloureuse.

Lactate de bismuth soluble. — Nous avons employé ce corps d'abord en injection sous-cutanée, et ensuite par la voie buccale.

En injection sous-cutanée chez le lapin, il semble assez actif; mais, dans certains cas, il peut provoquer une escarre dans la région du point d'inoculation. Voici le détail d'une observation.

Le *lapin 7-E*, porteur de lésions préputiales riches en spirochètes, reçoit 50^{mg}, par kilogramme, de lactate. 4 jours après l'injection, les spirochètes ont disparu et les lésions guérissent le cinquième jour. Mais, dès le troisième jour, apparaît une escarre qui n'est pas encore guérie huit jours après.

Variation de poids. Le 29 septembre, $P = 2370$; le 2 octobre, $P = 2337$; le 6 octobre, $P = 2325$; le 8 octobre, $P = 2250$.

Administré par la bouche, le même corps semble également actif. Nous avons observé un cas de guérison assez rapide par ce mode de traitement, chez un lapin inoculé avec le *virus cuniculi*, porteur de lésions préputiales et scrotales.

---

(1) Séance de la *Société de Dermatologie*, novembre 1921.

Le *lapin* 61-Mc, reçoit, par la bouche, 20^{cm^3} d'une solution de lactate à 5 pour 100, soit 1^g de solution; même traitement les deux jours suivants. Après cinq jours, les tréponèmes disparaissent et les lésions guérissent le septième jour.

Sous-gallate de bismuth. — Ce sel a été dissous dans la soude normale, de façon à donner une solution voisine de la neutralité. On obtient ainsi, d'après certains auteurs, un véritable bismuthogallate de sodium. Cette préparation s'est montrée assez active contre la syphilis, mais elle semble particulièrement *toxique*, comme en témoignent les expériences suivantes :

Le *lapin* G-9, normal, reçoit 50^{mg}, par kilogramme, du sel bismuthique en solution aqueuse, par voie sous-cutanée. Deux jours après, il meurt.

Le *lapin* G-14, normal, reçoit 25^{mg}, par kilogramme, du même produit par voie sous-cutanée. Il maigrit progressivement, est pris de tremblements convulsifs de tout le corps au bout de six jours, et meurt huit jours après l'injection, ayant perdu 900^g sur 2400^g.

Le *lapin* 54-B ($P = 2225^g$), porteur de lésions préputiales riches en tréponèmes (virus neurotrope), reçoit 50^{mg} de produit en injections sous-cutanées. Les tréponèmes disparaissent le lendemain, et les lésions guérissent deux jours plus tard, mais l'animal meurt cinq jours après l'injection ($P = 2090$).

En *suspension huileuse*, le sous-gallate de bismuth semble moins toxique, tout en étant assez actif contre la syphilis, ainsi que le montre l'essai suivant :

Le *lapin* 40-B, porteur de lésions préputiales, riches en tréponèmes (virus neurotrope), reçoit 50^{mg}, par kilogramme, du produit en suspension huileuse. Deux jours après, les tréponèmes disparaissent et les lésions s'améliorent. Guérison, le quatrième jour. Absence de récidive.

Oxyiodogallate de bismuth. — Nous avons essayé ce corps sous forme de suspension huileuse, à la concentration de 10 pour 100, sur le virus dermotrope.

Le *lapin* 20-0, porteur d'un nodule scrotal contenant de nombreux tréponèmes a reçu $0^g,100$, par kilogramme, du produit en *suspension huileuse*, dans le muscle du râble. Deux jours après, les parasites ont disparu, et les lésions sont guéries le quatrième jour. L'animal a maigri de 300^g. Absence de récidive.

L'oxyiodogallate semble donc assez actif, mais plus toxique que le tartrobismuthate.

En comparant les résultats obtenus avec des composés bismuthiques à structure linéaire, tels que le tartrobismuthate et le citrate et, d'autre part, avec le sous-gallate ou l'oxyiodogallate, qui renferment un groupe cyclique, on est porté à penser que la présence de ce groupement n'est pas de nature à influencer notablement le pouvoir spirillicide de la molécule dont il fait partie. Nous verrons, par la suite, si le résultat de cette comparaison

demeure constant au cours de l'essai des différents dérivés du bismuth, en tant qu'agents antisyphilitiques. Notons aussi que, de tous les corps essayés, le sous-gallate en solution (bismuthogallate de sodium) semble être le plus toxique. Peut-être ce fait est-il dû à la présence de la fonction phénol dans la molécule.

Parmi les composés bismuthiques dont nous venons de parler, le tartrobismuthate de potassium et de sodium nous paraît le mieux indiqué au point de vue de la thérapeutique humaine. Il se montre, en effet, particulièrement stable et relativement peu toxique (en injection intramusculaire ou sous-cutanée). D'autre part, son action sur la syphilis semble au moins aussi énergique que celle des autres préparations.

Nous poursuivons l'étude expérimentale du pouvoir antisyphilitique d'un certain nombre d'autres dérivés du bismuth, dans le but de déterminer les relations possibles entre le degré d'activité de ces dérivés et leur constitution chimique.

A 16 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 12 DÉCEMBRE 1921.

PRÉSIDÉE PAR M. GEORGES LEMOINE.

En ouvrant la séance M. **Georges Lemoine** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

Une pieuse tradition veut qu'en cette séance solennelle nous rendions un dernier hommage aux membres de l'Académie des Sciences morts pendant l'année, en rappelant brièvement l'œuvre qu'ils ont accomplie.

L'année 1921 a été particulièrement triste pour nous : nous avons perdu cinq de nos membres et deux de nos correspondants.

M. **Georges Humbert**, décédé le 22 janvier 1921 à l'âge de 62 ans, était membre de la Section de Géométrie depuis 1901.

Entré l'un des premiers à l'École Polytechnique en 1877, il en était sorti dans le Corps des Mines. Il avait soutenu une thèse de doctorat en 1885. Professeur à l'École des Mines, il était devenu ingénieur en chef, puis inspecteur général. En même temps, il était entré dans le Corps enseignant de l'École Polytechnique : répétiteur, puis examinateur d'admission, il était devenu professeur d'analyse en 1885. Il était également professeur au Collège de France depuis 1912. Ses leçons, reproduites dans un livre très apprécié, étaient des modèles de clarté.

Les recherches originales de M. Humbert ont porté sur les plus hautes questions des Mathématiques. Elles se rattachent à la fois à l'Analyse et à la Géométrie, et traitent principalement de la théorie des courbes et des surfaces. Il s'est surtout occupé du théorème d'Abel. Un de ses travaux les plus remarqués est relatif aux transformations singulières des fonctions abéliennes et aux multiplications complexes qui en résultent. Il a beaucoup étudié les formes quadratiques et leur développement en fractions continues.

Malgré sa passion constante pour la vérité abstraite, M. Humbert s'inté-

ressait aux questions les plus variées : il avait une grande élévation d'idées sur les problèmes de la vie. Elles l'ont maintenu au milieu des vicissitudes de l'existence aussi bien que les affections dont il était entouré. D'un caractère charmant, il n'avait que des amis dans tous les milieux auxquels il se trouvait mêlé.

M. **Émile Bourquelot**, décédé le 26 janvier 1921 à l'âge de 70 ans, était membre de la Section de Chimie depuis 1919.

Pharmacien des hôpitaux de Paris en 1878, docteur ès sciences en 1889, agrégé de l'École de Pharmacie en 1889, professeur en 1893, il était depuis 1897 membre de l'Académie de Médecine.

La Chimie a un domaine tellement vaste qu'elle touche d'une part à la Physique et aux Mathématiques, d'autre part aux sciences naturelles. C'est dans cette dernière région que M. Bourquelot a toujours dirigé ses recherches : botaniste aussi bien que chimiste, il s'est beaucoup occupé des glucosides, ces composés formés de glucose et d'autres corps organiques avec élimination d'eau, dont l'amygdaline des amandes amères est le type classique; il a découvert dans les végétaux 14 glucosides nouveaux. Mais surtout il a étudié leur dédoublement par les ferments solubles et institué ainsi une méthode biochimique pour reconnaître la présence de tels ou tels principes dans les plantes. Sa découverte capitale est la réversibilité de l'action des ferments solubles : le même ferment qui dédouble un glucoside peut le reconstituer quand on change les conditions de l'expérience, notamment quand on opère avec l'alcool en excès. Cette synthèse des glucosides expliquera sans doute plusieurs réactions de la vie des végétaux.

M. Bourquelot, grand travailleur, avait su s'entourer de disciples qui lui étaient très attachés; il n'a laissé partout que des regrets.

M. **Jules Carpentier**, décédé le 30 juin 1921 à l'âge de 70 ans, était académicien libre depuis 1907; ingénieur constructeur de grand mérite, il représentait parmi nous les arts mécaniques et la fabrication des appareils de précision, continuant ici la tradition de Gambey et de Bréguet.

M. Carpentier était entré à l'École Polytechnique en 1871 et en était sorti dans le Corps des Ingénieurs des manufactures de l'État. Mais poussé par ses goûts très prononcés pour la construction mécanique, il se fit bientôt attacher comme Ingénieur du matériel à la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée. Peu après, eut lieu la mort de Ruhmkorff : il se rendit acquéreur de tout ce que laissait ce constructeur si renommé.

A ce moment, la science électrique éprouvait une transformation considérable : confinée dans le laboratoire, elle passait dans l'industrie; il fallait des dispositifs nouveaux pour mesurer rapidement et exactement les grandeurs électriques. L'Angleterre nous avait devancés dans cette voie. Mais bientôt sortit des ateliers de M. Carpentier toute une collection des nouveaux instruments nécessaires à l'industrie : voltmètres, ampère-mètres, galvanomètres à périodiques de d'Arsonval : appareils de Marcel Deprez, électro-dynamomètres, dispositifs du général Sebert pour les recherches expérimentales de balistique, etc. On réalisa pratiquement le télégraphe multiple imprimeur de M. Baudot.

Dans tous ces appareils, M. Carpentier appuyé sur sa forte éducation scientifique, mit beaucoup de ses idées propres. Mais il s'occupa en outre personnellement de diverses questions : photographie documentaire, fixation des impressions musicales; par-dessus tout, on doit citer les périscopes sous-marins qui permettent à un observateur immergé dans l'eau devoir clairement tout ce qui se passe au dehors; on sait quels services ces appareils ont rendu à la défense nationale.

Notre confrère d'un caractère affable, de relations très agréables, avait toutes nos sympathies.

M. Gabriel Lippmann, décédé le 12 juillet 1921 à l'âge de 76 ans, était membre de notre Section de Physique depuis 1886 : il aura ainsi siégé 35 ans parmi nous. Il a été frappé par la mort en pleine mer au retour d'un voyage au Canada où il faisait partie de la mission du Maréchal Fayolle.

Après de brillantes études, à la fois littéraires et scientifiques. M. Lippmann était entré à l'École Normale supérieure en 1868. A sa sortie, il obtint trois missions successives pour fréquenter les universités allemandes et travailla notamment dans le laboratoire de Kirchhoff. En 1875, il était docteur ès sciences. Maître de conférences à la Sorbonne en 1878, il y devint professeur en 1883. Il y dirigea à partir de 1886 le laboratoire de recherches physiques qui prit beaucoup de développements par suite de nouvelles installations à partir de 1894 : véritable semeur d'idées, il en fit une école vivante d'où sont sorties un grand nombre de thèses de doctorat.

Esprit très curieux, très chercheur, sans cesse à la poursuite d'inventions nouvelles, M. Lippmann a abordé l'étude d'une foule de questions. Mais ses deux chefs-d'œuvre sont l'étude des phénomènes électrocapillaires et la photographie des couleurs. En multipliant les expériences, il est arrivé à

relier la constante capillaire de la formule de Laplace à la différence des tensions électriques : son électromètre électrocapillaire est un appareil d'une sensibilité extraordinaire. — Pour le grand public, la photographie des couleurs est l'œuvre sensationnelle de M. Lippmann. Fruit de longues recherches, elle repose sur le principe des interférences; un rayon lumineux incident vient frapper une surface de mercure qui forme miroir : elle renvoie un rayon réfléchi qui interfère avec le rayon qui frappe directement une couche photographique très sensible; on a ainsi une image stable reproduisant les couleurs de l'objet.

M. Lippmann ne vivait que pour ses recherches scientifiques, recherches toujours désintéressées; d'un caractère réservé, mais modeste et bienveillant, il n'avait partout que des amis.

M. **Edmond Perrier**, décédé le 31 juillet 1921 à l'âge de 77 ans, était membre de la Section d'Anatomie et de Zoologie depuis 1892.

Reçu en 1864 à la fois à l'École Polytechnique et à l'École Normale supérieure, il avait opté pour l'École Normale dans le but de s'adonner aux sciences naturelles : dès sa sortie, il était pourvu des trois licences mathématiques, physiques et naturelles. En 1868, il devint aide naturaliste au Muséum, en 1869 il était docteur ès sciences. En 1872, il devint maître de conférences à l'École Normale, en 1876 professeur de malacologie au Muséum; un peu plus tard il échangea cette chaire pour celle d'anatomie comparée. Il organisa le laboratoire de zoologie maritime de Saint-Waast-la-Hougue. En 1900, il fut élu par ses collègues directeur du Muséum d'histoire naturelle; il conserva ces hautes fonctions pendant vingt ans.

Les recherches originales de M. Edmond Perrier ont été nombreuses et remarquables, mais elles se sont limitées à peu près à la première moitié de sa carrière. Elles ont porté d'abord sur les oursins et sur les astéries ou étoiles de mer; ces études furent complétées dans la mer des Antilles et dans le golfe du Mexique dans des campagnes maritimes auxquelles il prit une part active. Il s'occupa aussi des comatules, seuls représentants actuels des crinoïdes, et des vers de terre qu'il put acclimater en pleine terre loin de leur pays d'origine.

Une seconde partie de l'œuvre de M. Perrier a consisté dans ses publications scientifiques; elles ont été nombreuses et variées et lui ont valu une grande notoriété. Avant tout, il faut citer son grand Traité de Zoologie qu'il a pu presque achever : œuvre si vaste qu'on a peine à comprendre qu'un seul homme ait pu y suffire. D'autres publications ont eu surtout pour

but de vulgariser la théorie de l'évolution dont il était un apôtre ardent et convaincu; son livre sur *les colonies animales* est universellement connu. On peut citer encore : la *philosophie avant Darwin*, *Lamark et le transformisme*, la *femme dans la nature*.

De relations agréables comme homme du monde et comme savant, M. Perrier laisse un vide réel dans tous les milieux auxquels il était mêlé.

M. **Alfred Grandidier**, décédé le 13 septembre 1921 à l'âge de 85 ans, était membre de la Section de Géographie et Navigation depuis 1885; il y représentait très dignement nos grands explorateurs français, parmi lesquels n'est point oublié le nom de notre confrère d'Abbadie.

M. Grandidier n'était sorti d'aucune de nos grandes écoles; mais après avoir fait dans sa famille ses études classiques, il avait suivi les cours du Collège de France : il y avait subi l'influence de l'illustre Janssen qui savait si bien semer autour de lui l'enthousiasme pour la Science.

Ses parents, qui avaient une grande fortune, lui firent faire, vers l'âge de 20 ans, un voyage d'études autour du monde en compagnie de son frère M. Ernest Grandidier : Janssen fut quelques mois associé à ce voyage. Les deux frères explorèrent en 1858 et 1859 l'Amérique du Sud, non sans de nombreux dangers, à la fois en géographes et en naturalistes ; ils en rapportèrent plusieurs collections importantes.

En 1863, M. Alfred Grandidier s'embarqua pour les Indes dans le but d'explorer les hauts plateaux du Thibet : pour mieux étudier le boudhisme, il voulait s'enfermer quelque temps dans un couvent de boudhistes. Ces beaux projets furent bouleversés par une atteinte terrible de fièvre. Pour se remettre, il alla à l'île de Zanzibar où il fit d'utiles observations, puis à la Réunion et à Madagascar.

Madagascar devint dès lors l'objet à peu près unique de ses études. Il n'y avait été précédé que par un très petit nombre de voyageurs et par nos missionnaires : on sait que le R. P. Colin, correspondant de notre Académie, y dirige depuis longtemps l'Observatoire de Tananarive. M. Grandidier arriva à Madagascar en 1860; il y retourna en 1866, puis en 1868 et cette fois pendant 30 mois; la guerre de 1870 le rappela en France. Il avait traversé trois fois notre grande île dans toute sa largeur; ses itinéraires avaient atteint un développement de 5500^{km}, et il avait fait 1500 relevés géodésiques. En 1871, il put dresser une première carte générale de l'île. Ces explorations, qui avaient de beaucoup précédé notre protectorat et notre conquête, ont puissamment servi à l'installation définitive de la France.

Revenu à Paris, M. Grandidier se mit à coordonner et à publier les innombrables matériaux qu'il avait recueillis. Son *histoire physique, naturelle et politique* de Madagascar est une entreprise gigantesque; elle devait comprendre environ 59 Volumes; 26 Volumes seulement ont paru. Nous comptons que son fils, M. Guillaume Grandidier, depuis longtemps son collaborateur, aura à cœur de terminer cette grande œuvre.

Outre ces cinq membres de l'Académie des Sciences, nous avons eu le regret, en 1921, de perdre deux de nos correspondants.

M. le colonel **Vallier**, décédé à Versailles le 29 mars 1921, avait été élu correspondant pour la Section de Mécanique en 1895.

Entré à l'École Polytechnique en 1869, il était sorti dans le Corps de l'Artillerie et avait consacré presque toutes ses études à la Balistique extérieure. Il fit longtemps partie de la Commission de Gavres qui, dans un champ de tir situé près de Lorient, fait faire des expériences avec les plus puissantes pièces d'artillerie; les résultats peuvent ainsi être sans cesse comparés à ceux de la théorie.

C'est un problème mathématique très difficile que celui de la courbe balistique : le calcul de la portée pour une vitesse donnée d'un projectile, fut-il un point matériel, d'après la vitesse initiale et l'angle au départ. La difficulté est beaucoup plus grande pour un projectile ogival, parce qu'alors la résistance de l'air joue un rôle beaucoup plus important que dans le premier cas. M. le colonel Vallier est arrivé à la solution en tenant compte des expériences faites à l'époque de ses études et ses résultats ont été confirmés par la pratique du tir.

La dernière guerre a montré l'importance de ces questions dont l'étude a été reprise par un autre de nos correspondants, M. le comte de Sparre, pour les canons à très longue portée.

M. **Gaillot**, décédé à Chartres le 4 juin 1921, avait été élu correspondant pour la Section d'Astronomie en 1908.

Il avait accompli toute sa carrière à l'Observatoire de Paris où il était entré, en 1861, à l'âge de 27 ans; astronome titulaire en 1874, il était devenu sous-directeur en 1897. Il avait pris sa retraite en 1903.

Pendant cette longue période de temps, il dirigea la publication des *Annales de l'Observatoire*, puis celle du Catalogue d'étoiles de Paris. Il fut le

collaborateur de Le Verrier pour ses recherches relatives aux principales planètes. Après la mort de Le Verrier, il avait entièrement revisé les théories d'Uranus et de Jupiter.

Les savants éminents dont je viens de donner la trop longue énumération avaient dévoué leur vie à la recherche de la vérité scientifique, à la découverte de connaissances nouvelles. D'autres hommes leur succèdent, mais leurs œuvres restent : elles enrichissent le patrimoine du savoir humain, patrimoine qui doit s'accroître sans cesse avec chaque génération.

Les vides laissés dans nos rangs par nos pertes douloureuses de 1920 et par une partie de celles de 1921, ont été comblés par nos élections; la France ne manque pas de savants très dignes de prendre place parmi nous. Nous souhaitons une cordiale bienvenue à nos nouveaux confrères, auxquels leurs œuvres avaient donné depuis longtemps une grande notoriété.

Comme membres de l'Académie ont été élus :

M. Bazy, dans la Section de Médecine et Chirurgie, le 24 janvier 1921;
M. Béhal, dans la Section de Chimie, le 31 janvier 1921;
M. Joubin, dans la Section d'Anatomie et Zoologie, le 14 février 1921;
M. Borel, dans la Section de Géométrie, le 11 avril 1921;
M. Urbain, dans la Section de Chimie, le 9 mai 1921;
M. Brillouin, dans la Section de Physique, le 21 novembre 1921;
M. Mesnil, dans la Section d'Anatomie et Zoologie, le 5 décembre 1921.

Comme correspondants ont été élus :

M. Brown, pour la Section d'Astronomie, le 31 janvier 1921;
M. Rutherford, pour la Section de Physique, le 21 février 1921;
M. Bordet, pour la Section de Médecine et Chirurgie, le 21 février 1921;
M. Massart, pour la Section de Botanique, le 23 mai 1921;
M. Andrade, pour la Section de Mécanique, le 2 novembre 1921.

Nous comptons sur la science et sur le dévouement de tous ces savants pour les tâches multiples que l'Académie des Sciences doit remplir.

L'une des principales fonctions de l'Académie des Sciences est d'encourager et de développer les recherches originales dont ceux qui nous ont pré-

cédés ici nous ont donné de si grands exemples : c'est plus que jamais l'un des buts que la France doit poursuivre après la terrible guerre qui a fait partout tant de ruines. Je voudrais à la suite de plusieurs de nos confrères attirer l'attention sur cette question et faire connaître les ressources, en grande partie nouvelles, dont les chercheurs disposent aujourd'hui, indiquer les progrès qui semblent désirables.

Pour réaliser ces progrès, il n'est pas besoin de détruire nos organisations anciennes; elles ont fait leurs preuves pendant les années critiques qui se sont succédé depuis 1914; mais il faut améliorer, consolider, compléter, coordonner ce qui existe.

Notre Académie a rendu de grands services à la Science; il faut souhaiter que dans l'avenir elle en rende de plus grands encore. Elle ne doit pas être considérée comme une institution de parade dont les membres se contentent de regarder avec intérêt les événements scientifiques qui se passent autour d'eux. Elle doit avoir un rôle encore plus actif : ne pas s'isoler, s'extérioriser davantage, servir de cadre et de point d'appui aux différentes associations qui cherchent à faire progresser la Science et auxquelles nous sommes déjà tous mêlés à titre individuel.

Le *développement des associations scientifiques* a déjà eu lieu pendant la guerre et plusieurs d'entre nous ont tenu utilement et dignement leur place dans les organismes de toutes sortes chargés de collaborer à la défense nationale. On est entré encore davantage dans cette voie depuis la paix.

En 1918 ont eu lieu deux réunions des Académies interalliées : à Londres, sous la présidence de M. J.-J. Thomson; à Paris, sous celle de M. Émile Picard; on y a discuté le projet d'un « Conseil international de recherches ».

Ce Conseil international s'est constitué en juillet 1919, à Bruxelles, sous la présidence de M. A. Lacroix : les savants français y étaient en grand nombre. La réunion a choisi pour bureau définitif son Comité exécutif provisoire, présidé par M. Émile Picard. Le Conseil a décidé d'organiser et de prendre sous son égide des « unions internationales » pour les principales branches de la Science. Plusieurs se sont déjà formées : Astronomie, Géodésie et Géophysique, Mathématiques, Physique, Chimie, Radiotélégraphie, Géologie, Sciences biologiques.

Pour donner en France à ces unions internationales un soutien solide, l'Académie des Sciences a constitué, avec l'encouragement des pouvoirs publics, différents Comités nationaux :

Astronomie : président, M. Deslandres.
Géodésie et Géophysique : président, M. A. Lacroix.
Mathématiques : président, M. Picard.
Chimie : président, M. Moureu.
Sciences biologiques, y compris la Médecine : président, M. Laveran.
Géographie : président, M. le général Bourgeois.
Sciences géologiques : président, M. Douvillé.
Radiotélégraphie scientifique : président, M. Villard.
Physique et Mécanique : président, M. Lippmann.

Ces comités nationaux établiront sans doute des relations suivies avec les diverses sociétés scientifiques qui existent déjà depuis longtemps et sont la plupart très vivantes.

On sait qu'à côté et en dehors de ces comités nationaux se sont constituées diverses « fédérations » des sociétés savantes pour éviter la dispersion et l'émiettement des efforts scientifiques.

Plusieurs de ces comités nationaux ont tenu leurs réunions dans la salle de nos séances. Nos relations deviendront ainsi plus fréquentes et plus étroites avec les savants qui ne sont pas encore membres de notre Académie et qui souvent ont déjà été jugés très dignes de l'être. Et il est tout naturel que les vieux et vénérables bâtiments de l'Institut servent en toute occasion au progrès de la Science sans être considérés comme des sanctuaires inaccessibles.

Notre bibliothèque, dont beaucoup de personnes ignorent la richesse, l'actualité et les développements récents, pourra certainement être utilisée pour les études de toutes sortes qui précèdent et accompagnent les recherches originales.

Il faut espérer que tous ces groupements, en rapprochant les intellectuels entre eux, donneront d'heureux résultats pour les progrès de la Science.

Une aide matérielle pour les recherches originales, aide importante, est absolument nécessaire. Il n'y a guère que les mathématiciens qui peuvent, tant bien que mal, s'en passer, puisque leur esprit travaille sans l'intervention de la matière : encore ont-ils besoin de bibliothèques bien fournies, et il leur faut aussi de l'aide pour leurs publications. Mais pour les Sciences physiques et naturelles il faut, en outre, des laboratoires et des laboratoires bien dotés; sans doute de grandes découvertes ont été faites presque sans

ressources par des hommes de génie, tels que Fresnel et Ampère, mais la situation n'est plus la même aujourd'hui avec les développements de la Science. Tout a été dit dans ces temps derniers avec une merveilleuse éloquence sur « la grande misère » des laboratoires de France : nous ne saurions trop remercier les auteurs de ces plaidoyers qui ont ému l'opinion publique, surtout nos confrères de l'Institut, M. Maurice Barrès, M. Moureu et M. Viala. Mais il est juste de dire que, depuis 1918, beaucoup a été fait pour améliorer cette lamentable situation : il est nécessaire que les travailleurs connaissent nettement les organismes variés auxquels ils peuvent avoir recours pour faciliter leurs travaux.

Tout d'abord, l'Académie des Sciences a de nombreux prix avec lesquels elle cherche à récompenser les résultats des travaux scientifiques : il y a quelques jours, un nouveau prix (500^{fr} de rente annuelle) a été fondé en souvenir de l'abbé la Caille, l'illustre astronome, par M. Gaston La Caille et par Mme Fischer, ses derniers parents.

Mais, en outre, l'Académie a des fondations qui, en dehors des prix, lui permettent de disposer de crédits importants pour aider à des recherches sérieuses. Tel est le fonds Bonaparte dû à la libéralité de notre éminent confrère : ses subventions ont atteint 12000^{fr} en 1921. Telle est aussi la fondation Loutreuil, qui s'applique aux travaux faits en dehors des Universités de l'État : ses subventions ont atteint un total de 105000^{fr} en 1921. Cinq autres fondations, les fondations Trémont, Gegner, Becquerel, Bouchard, Clément Félix, atteignent ensemble 15500^{fr}. Les fondations Jérôme Ponti et Hirn auront 6000^{fr} de disponibles en 1922.

La caisse des recherches scientifiques qui existait déjà bien avant la guerre, depuis 1901 (loi du 14 juillet 1901), a pour but de venir en aide aux travaux originaux. Elle dépend directement du Ministère de l'Instruction publique, mais les subventions sont accordées sur la proposition de Commissions techniques où l'Académie des Sciences intervient par ses délégués. Cette institution a été beaucoup développée depuis la guerre. La loi de finances du 30 avril 1921 (*Journal officiel* du 1er mai 1921) l'a divisée en quatre sections : la section des sciences autres que la biologie a, cette année, un crédit de 147000^{fr}; la section des publications proprement scientifiques a 150000^{fr}; une autre section a pour but de venir en aide aux publications d'érudition. La section des sciences biologiques y compris la médecine est la mieux partagée : la subvention totale qui lui est affectée cette année dépasse 700000^{fr}; cette somme, grevée en partie d'affectations spéciales, ne provient pas du budget, mais est prise sur les fonds du pari mutuel

(500000^fr) et sur le produit des jeux, auxquels s'ajoutent certaines libéralités particulières. Il ne faut pas ignorer, en effet, que les paris mutuels se sont élevés, dans la dernière année, à environ un milliard. L'État prélève sur ces recettes 10 pour 100 (actuellement même 11 pour 100), soit environ cent millions que le Parlement n'a pas voulu incorporer au budget et dont l'emploi est réglé par la loi : une part importante est affectée aux œuvres d'assistance et d'hygiène, ainsi qu'aux améliorations agricoles.

La Direction des recherches scientifiques et industrielles et des inventions a été organisée pendant la guerre afin de résoudre les problèmes de toute sorte qui se posaient continuellement pour la défense nationale. Elle a survécu à la guerre et est installée tout près de Paris, à Bellevue (1, avenue du Général-Galliéni), avec des laboratoires spéciaux. Elle manifeste sa vitalité par un bulletin mensuel, alimenté par les travaux de savants d'origines et de spécialités très diverses. La subvention allouée par l'État à cette Œuvre, pour l'année 1921, est de 1400000^fr dont la plus grande partie est affectée à des recherches scientifiques. Le Directeur est notre confrère M. Breton, ancien Ministre de l'Hygiène, de l'Assistance et de la Prévoyance sociale.

Pour les recherches agronomiques, on doit mentionner le crédit considérable (dix millions pour 1922), accordé aux « offices agricoles » départementaux. D'autre part, le Parlement a voté trente millions pour la création et l'organisation d'un grand centre de recherches agronomiques. Enfin, six millions pris sur les fonds du pari mutuel sont accordés pour l'agrandissement de l'Institut national agronomique.

Notre confrère de l'Académie des Beaux-Arts, M. le baron Edmond de Rothschild a fait, en 1921, une fondation de dix millions de francs, spécialement affectée aux recherches de Physique et de Chimie. L'Académie des Sciences est représentée par plusieurs de ses membres dans le Comité directeur.

On sait qu'un peu auparavant, M. de Rothschild avait installé, à Londres, une « maison de France », dont il avait fait don à l'Institut : 21 savants de tout âge peuvent y recevoir l'hospitalité, pendant plusieurs mois, pour se livrer à des études de diverses sortes; nos naturalistes, nos physiciens et nos chimistes peuvent aussi bien que les érudits et les artistes profiter de cet utile établissement. L'Académie des Sciences a droit au tiers des places : il est à désirer qu'elles soient remplies. Nous saisissons l'occasion d'offrir, au généreux donateur, l'expression de toute notre gratitude.

A ces diverses ressources, il faut en ajouter plusieurs existant déjà depuis longtemps, quoique la plupart de moindre envergure; avant tout les laboratoires des Universités; ceux de l'École de Pharmacie, de l'École Normale supérieure, du Collège de France, du Muséum d'Histoire naturelle, du Conservatoire des Arts et Métiers, de l'École pratique des Hautes Études, de l'École municipale de Physique et de Chimie, de l'Institut Pasteur, de l'École supérieure d'Électricité; et aussi, quoique n'ayant que très peu de places disponibles, les laboratoires de l'École Polytechnique, de l'École des Mines, de l'Institut catholique de Paris.

Pour les Sciences naturelles, les chercheurs disposent de laboratoires maritimes assez nombreux, notamment ceux de Banyuls, Roscoff, Wimereux, Saint-Waast-la-Hougue, Saint-Servan, Concarneau, Arcachon. On doit y joindre les ressources offertes à l'Océanographie par S. A. le Prince de Monaco.

En ce qui concerne spécialement les études agronomiques, on doit mentionner les laboratoires de l'Institut agronomique : au bout de leurs deux années d'études régulières, les élèves peuvent, par ordre de classement, entrer dans les laboratoires pour y parfaire leur instruction et bénéficient alors de bourses d'une assez grande valeur.

Enfin plusieurs sociétés savantes donnent aux recherches scientifiques des subventions importantes : en particulier, l'Association française pour l'avancement des sciences.

Cette énumération sommaire montre que de grands efforts ont été faits dans ces dernières années pour donner une aide matérielle aux recherches scientifiques, pour fournir aux travailleurs les outils dont ils ont besoin : le Parlement a droit à cet égard à toute notre gratitude.

Malgré tout, ces ressources importantes et variées sont loin d'atteindre celles que, depuis la guerre, nos nations alliées et associées ont affectées aux recherches scientifiques. Nos confrères, M. Lippmann et M. Le Chatelier, nous les ont fait connaître : citons seulement, aux États-Unis, l'Institution Carnegie (¹) qui est fabuleusement riche.

Mais c'est l'*homme* qu'il nous faut avant tout : le savant qui s'occupe de recherches originales et en fait sa vie; c'est lui le premier moteur, au-dessus de tous les organismes si puissants qu'ils soient, qu'on pourra installer.

(¹) M. Lippmann, *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 293. Voir aussi le livre de M. Caullery sur les Universités et la vie scientifique aux États-Unis, Chap. XIV et XV.

Sous ce rapport, il ne faut pas se dissimuler qu'en France et sans doute dans les autres pays, la situation actuelle, depuis la guerre, est très attristante. Nous sommes tous d'accord pour jeter un cri d'alarme sur la diminution des véritables vocations scientifiques.

Le recrutement de l'élite que constituent les chercheurs désintéressés avait lieu jusqu'ici dans des milieux très variés; souvent c'étaient des autodidactes, mais ordinairement des élèves de nos grandes écoles ayant acquis, par les études des licences ès sciences ou par des études équivalentes, une solide instruction scientifique. Or, depuis que la paix nous a été rendue, le nombre de ces véritables amis de la science semble avoir singulièrement diminué. Beaucoup de jeunes gens sur qui l'on pouvait fonder quelque espoir se sont précipités sur l'industrie, négligeant même les carrières si honorables et si brillantes que leur offre l'État. L'élévation du prix de toutes choses explique cette situation : elle ne la justifie pas.

Si, par malheur, cette nouvelle mentalité devait s'accentuer, il ne nous resterait peut-être plus guère pour faire progresser la Science qu'un tout petit noyau composé de deux catégories d'intellectuels. D'abord quelques jeunes gens riches qui ont la rare, la très rare force d'âme de dédaigner les plaisirs faciles du luxe et qui s'attachent à la Science : tel était en Angleterre lord Rayleigh à qui l'on doit la découverte des gaz rares de l'atmosphère. Ces hommes de valeur, depuis l'origine même de notre Académie, ont toujours eu ses sympathies; elle leur a toujours ouvert ses rangs avec empressement; elle est toute prête encore à admettre des savants de même origine. — Et à côté d'eux est une autre catégorie d'amis désintéressés de la Science : elle est formée de quelques ecclésiastiques qui ayant renoncé aux richesses dès le début de leur existence, épris d'idéal sous toutes ses formes, associent la vie religieuse à la recherche scientifique. L'un des plus illustres membres de notre Académie, l'abbé Haüy, a été un admirable exemple de cette association. C'est ainsi que la Science s'est conservée et propagée au moyen âge. A ces savants aussi doivent aller nos sympathies : plusieurs de nos anciens lauréats, l'un de nos lauréats d'aujourd'hui, deux de nos correspondants et plusieurs membres des autres Académies appartiennent à cette catégorie.

Mais cependant la France ne peut pas, pour les recherches originales, renoncer à notre recrutement normal; d'autant plus que ce recrutement est nécessaire pour l'enseignement supérieur, sous peine de le borner à la simple pédagogie; nécessaire aussi pour l'armée dans ses corps savants dont l'importance est singulièrement accrue aujourd'hui. L'avenir et la grandeur de la France sont attachés à ce recrutement. Quel est donc le remède?

Des conditions matérielles d'existence pour les chercheurs doivent avant tout leur être assurées d'une manière convenable pendant quelques années lorsque, recommandés par des juges compétents, il veulent avoir un peu de calme pour s'essayer librement à des recherches originales; le plus souvent ce sera en vue d'une thèse de doctorat.

C'est ici qu'un grand progrès est à réaliser. Mais rien n'est à créer de toutes pièces; on a déjà fait beaucoup dans cette voie; seulement il y a beaucoup à faire pour améliorer et développer ce qui existe.

Dans cet ordre d'idées, on peut citer tout d'abord la fondation Thiers dont le Directeur était encore, il y a quelques jours, notre illustre et si regretté confrère M. Boutroux; les jeunes savants y sont complètement hospitalisés pendant trois ans. Mais le concours sur titres qui a lieu chaque année pour l'admission ne comporte que cinq places pour toutes les branches des connaissances humaines. Que n'y en a-t-il davantage! Un très grand progrès serait réalisé si les cadres de cette très utile institution pouvaient s'élargir grâce à des dons généreux.

L'École Normale supérieure garde presque toujours chaque année dans ses laboratoires un ou deux jeunes agrégés; elle les utilise comme préparateurs ou bibliothécaires adjoints, en leur donnant toutes facilités pour travailler en vue du doctorat.

Des bourses d'enseignement supérieur de diverses natures, bourses de doctorat, bourses de voyage, sont à la disposition des universités de l'État, du Collège de France, du Muséum d'Histoire naturelle, de l'École des Hautes Études. Mais malgré certaines augmentations, elles donnent un revenu tout à fait insuffisant pour les exigences matérielles actuelles, car enfin il faut vivre... Rien, à ce que je crois, n'existe pour les établissements de haut enseignement autres que ceux du Ministère de l'Instruction publique.

Ce sont toutes ces ressources en faveur de quelques jeunes gens d'élite qu'il faudrait fortifier et développer. Les amis de la Science ne peuvent pas faire de placement plus fructueux pour l'avenir de notre pays. Et en même temps, les Directeurs de nos grands corps savants devraient se faire un devoir, dès qu'un jeune homme reconnu comme travailleur, fait preuve d'une véritable vocation scientifique, de lui laisser quelques années libres, sous une forme ou sous une autre, pour essayer de réaliser les idées originales qu'il peut avoir. On trouverait facilement pour ces jeunes gens des places temporaires où ils rendraient quelques services dans le haut enseignement, à condition de ne pas s'y éterniser : préparateurs et moniteurs pour les exercices pratiques : ces situations devraient être suffisamment rétribuées et laisser assez de temps libre pour des travaux personnels.

Notre confrère, M. Termier, a très nettement développé les solutions pratiques de ce problème important dans un article éloquent, récemment publié par la *Revue de la semaine* (2 septembre 1921).

Et plus tard, si de ces années d'épreuves il sort des découvertes intéressantes, si le jeune homme persiste dans sa vocation scientifique, il faudra lui trouver quelque place plus stable qui lui permette de développer ses recherches librement sans attendre trop longtemps une des rares places de professeur de l'enseignement supérieur. A cet égard, je crois devoir insister sur ce que les recherches originales ne sont pas nécessairement liées à la pratique du professorat. L'un des grands savants du siècle dernier, Marc Geguin, n'a jamais été professeur ni cherché à l'être. Il devrait y avoir dans l'enseignement supérieur des situations équivalentes à celles de professeur, donnant des laboratoires autonomes; telles seraient, par exemple, celles d'examinateurs distincts des professeurs et, dans certains établissements, celles de conservateurs de collections. Ce n'est pas ici le moment de développer ces idées qui sont venues de différents côtés aux hommes qui s'intéressent à la Science, mais elles valent la peine qu'on y réfléchisse.

J'ai vu autrefois à l'Université d'Oxford un collège où il n'y avait pas un seul élève : rien que des professeurs, des *fellows* nommés au concours et ayant un traitement convenable provenant de fondations qui remontaient au moyen âge : ils étaient entièrement libres de se livrer à leurs travaux personnels. J'avoue humblement que cette liberté complète de la recherche scientifique m'a toujours paru singulièrement enviable.

Mais si la *mentalité* de la jeunesse française ne redevient pas ce qu'elle était autrefois, alors toutes les ressources matérielles, résultant de la bienveillance des Pouvoirs publics et de la générosité d'initiatives privées, resteront plus ou moins vaines. Je suis, pour ma part, porté à croire que la différence de mentalité constatée entre nos vieilles générations françaises et les nouvelles vient du changement de l'esprit de l'éducation nationale : autrefois idéaliste et spiritualiste, elle a pris souvent aujourd'hui des tendances plus ou moins matérialistes.

Croit-on que jadis, en sortant de nos grandes écoles, on pensait avant tout à s'enrichir ? Pasteur, parmi nos savants les plus illustres, n'était-il pas absolument désintéressé ? Et tous nos officiers, parmi lesquels nos grands maréchaux à qui nous devons la victoire, n'étaient-ils pas animés uniquement par le désir ardent et généreux de servir la patrie ?

Réfléchissez donc, chers jeunes gens, qui peut-être êtes déjà séduits par l'attrait de la Science : si vous sentez la vocation scientifique, ne soyez pas hésitants; ne soyez pas des gagneurs d'argent! Vous trouverez dans les recherches originales, de quelque nature qu'elles soient, des satisfactions incomparables : la recherche de l'inconnu, pour un homme de science, ressemble à la découverte d'un pays inconnu par un explorateur, ravi de voir se dérouler devant lui des contrées nouvelles. La France est « le soldat de l'idéal », comme l'a dit une voix autorisée. Ayez un idéal! Quand vous aurez ainsi noblement et généreusement dirigé votre vie, vous serez estimés et aimés de tous ceux qui ont le culte de la vérité, et vous reconnaîtrez que la Science réserve à ses adeptes des jouissances qui valent incomparablement mieux que l'existence fiévreuse d'un homme d'affaires ou que tous les plaisirs faciles d'un homme riche.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel, pour la lecture du palmarès.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1921.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. Jordan, Appell, Painlevé, Hadamard, Goursat, Borel, Boussinesq, Lecornu; Émile Picard, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante :

*Perfectionner les théories sur l'*analysis situs, *développées par Poincare*

dans des mémoires célèbres. On cherchera à rattacher, au moins dans des cas particuliers étendus, les questions de géométrie de situation, concernant une multiplicité donnée à l'étude d'expressions analytiques convenablement choisies.

Aucun mémoire n'a été déposé.

Le prix n'est pas décerné et la question est retirée du concours.

PRIX FRANCOEUR.

(Commissaires : MM. Jordan, Appell, Painlevé, Hadamard, Goursat, Borel, Boussinesq, Lecornu ; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner de nouveau le prix à M. **René Baire**, professeur à la Faculté des sciences de Dijon, pour ses travaux sur la théorie générale des fonctions.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Mesnager, Jordan, Haton de la Goupillière, Bertin ; Sebert, rapporteur.)

On nomme *colonne de rectification* l'appareil qui sert à séparer, par une opération continue, les éléments de volatilité différente d'un mélange de deux liquides, comme par exemple l'eau et l'alcool, en mettant à profit le fait que dans l'évaporation d'un tel liquide, la vapeur est toujours plus riche en corps volatil que le liquide qui lui a donné naissance.

L'appareil est constitué par un cylindre vertical garni, à l'intérieur, de plateaux métalliques superposés, avec un condenseur en haut et un bouilleur en bas.

Il est parcouru, de plateau en plateau, par un courant descendant de liquide et un courant ascendant de vapeur. L'alimentation se fait dans un des plateaux intermédiaires, et les produits rectifiés sont tirés des extré-

mités; le liquide qui retombe du condenseur dans la colonne porte le nom de *rétrogradation*.

La théorie analytique du fonctionnement de cet appareil est difficile à faire, car elle exige la connaissance de la relation qui lie la température d'ébullition aux teneurs en matière volatile du liquide et de la vapeur. Cette loi, fournie par l'expérience directe, ne peut être représentée que graphiquement et, s'il en était autrement, on se trouverait, après toutes les simplifications légitimement permises, en présence d'un système d'autant de fois quatre équations qu'il y a de plateaux dans la colonne, système qui ne pourrait être résolu qu'à l'aide de quelque artifice.

M. **Edmond Fouché**, ancien élève de l'École Polytechnique, a remarqué qu'il existait, entre les teneurs de deux plateaux successifs, une relation ne dépendant que de la température du plateau supérieur ou condenseur et de l'importance de la rétrogradation.

Si donc on se donne ces dernières quantités, on peut, un plateau étant connu, déterminer ceux qui lui sont contigus et par conséquent, de proche en proche, tous les éléments de la colonne.

En faisant usage d'une méthode graphique, qu'il serait trop long de décrire, et en utilisant les courbes qui représentent la loi de l'évaporation, l'auteur indique le moyen de construire un tracé en escalier qui permet, par approximations successives, de déterminer les conditions de chacun des plateaux à considérer.

D'un exemple d'application pratique, qu'il a traité spécialement, il tire des conclusions d'ordre général qui se trouvent, sur certains points, en désaccord avec des opinions courantes.

Nous les mentionnerons sommairement par suite de leur importance pratique.

Pour obtenir un degré déterminé de pureté, on peut diminuer le nombre des plateaux, en augmentant la rétrogradation ou inversement, mais il existe un minimum nécessaire, aussi bien pour le nombre de plateaux que pour la rétrogradation.

L'enrichissement produit par un plateau sur la vapeur qui y passe est toujours plus petit que le rapport des teneurs de la vapeur et du liquide dans ce plateau.

La température des plateaux situés vers les extrémités de la colonne, dans le cas où les produits atteignent un degré élevé de pureté, varie extrêmement peu d'un plateau à l'autre et il est, par suite, illusoire de chercher, pour améliorer la rectification, à accroître artificiellement ces faibles écarts.

Le refroidissement et le réchauffement artificiels des plateaux intermé-

diaires ne présentent aucun avantage, le froid et la chaleur qu'on dépenserait de cette façon seraient toujours mieux utilisés dans le condenseur supérieur ou le bouilleur inférieur.

En résumé, la théorie exposée par M. Fouché comble, dans le domaine des sciences appliquées, une lacune qui était d'autant plus regrettable que la distillation et la rectification jouent dans l'industrie un rôle considérable.

Grâce à la clarté qu'elle projette sur cette question, elle constitue une base solide, sur laquelle on peut s'appuyer, pour perfectionner les appareils existants et en créer de nouveaux, en évitant les tentatives illusoires et vouées, par avance, à l'insuccès.

Aussi votre Commission propose-t-elle à l'Académie de décerner, à M. **Fouché**, pour son intéressant travail, le Prix Montyon de Mécanique, pour l'année 1921.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Sebert, Vieille, Kœnigs, Mesnager, Jordan, Haton de la Goupillière, Bertin; Lecornu, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Émile Jouguet**, professeur à l'École nationale supérieure des Mines, pour l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BOILEAU.

(Commissaires : MM. Sebert, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Mesnager, Jordan, Haton de la Goupillière, Bertin; Boussinesq, rapporteur.)

La Commission propose que le prix Boileau soit décerné à M. **Edmond Maillet**, professeur à l'École nationale des Ponts et Chaussées, pour l'ensemble de ses travaux sur l'Hydraulique souterraine et l'Hydraulique fluviale. Dans la première de ces deux branches d'étude, M. Maillet a dégagé, de la multitude des documents statistiques, le fait de l'existence d'un régime d'été de nos sources des terrains perméables, où le débit est exprimé, à une première approximation et sauf les perturbations qu'entraînerait la chute de pluies d'été exceptionnelles, par une ou quelquefois deux exponentielles décroissantes. Il a pu y déterminer à très peu près, dans le principal expo-

sant négatif, le coefficient du temps t, dit *coefficient de tarissement*, pour un certain nombre des sources alimentant Paris en eau potable.

Quant à l'Hydraulique fluviale, les publications étendues, qu'il y a effectuées, de documents administratifs, complétés par des études théoriques personnelles, ont déjà permis (et permettront encore plus) de perfectionner la connaissance de la propagation des crues de nos fleuves français, aux divers points de leurs cours, et leur annonce aux riverains intéressés.

Le tout constitue une œuvre considérable et utile.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PIERSON-PERRIN.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Sebert, Vieille, Kœnigs, Mesnager, Jordan, Haton de la Goupillière, Bertin; Lecornu, rapporteur.)

La Commission propose de décerner trois prix de 1000^{fr} :

1° A M. **Jean Aubert**, ingénieur des Ponts et Chaussées, pour son ouvrage intitulé : *La probabilité dans les tirs de guerre;*

2° A M. **Denis Eydoux**, ingénieur des Ponts et Chaussées, professeur suppléant à l'École Nationale des Ponts et Chaussées, pour ses ouvrages intitulés : *Hydraulique générale et appliquée; Hydraulique industrielle et usines électriques;*

3° A M. **Albert Thuloup**, ingénieur en chef de la Marine, professeur à l'École d'Application du Génie maritime, pour son ouvrage intitulé : *Résistance des matériaux* et son *Étude sur les doublets élastiques.*

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Puiseux, Andoyer, Jordan, Lippmann, Émile Picard; Maurice Hamy, rapporteur.)

M. **Paul Stroobant**, directeur adjoint de l'Observatoire royal de Belgique, professeur à l'Université de Bruxelles, est un astronome distingué

dont la notoriété dépasse les limites de son pays. Il s'est fait connaître par des travaux variés qui se rapportent aux principales branches de la science à laquelle il a consacré sa vie.

Dans le domaine de l'astronomie solaire, il a commencé par faire justice de l'opinion suivant laquelle la planète Vénus posséderait un satellite, en discutant les apparitions mystérieuses, signalées au XVIIe et au XVIIIe siècles, et montrant qu'elles s'expliquent, pour la plupart, par des confusions avec des étoiles. Plus tard, il a étudié, au point de vue théorique, le mouvement héliocentrique des satellites et déterminé les conditions qui fixent la forme de leurs trajectoires. Il s'est particulièrement attaché au système complexe de Saturne, employant conjointement le calcul et l'observation, dans des recherches relatives aux variations des anneaux de cette planète, à leur mouvement, à la détermination de leur masse globale, etc. La répartition des petites planètes, considérée comme fonction des éléments elliptiques des orbites, a fait aussi l'objet des investigations de M. Stroobant. Il est parvenu, dans cette voie, à des résultats fort intéressants, obtenant d'ailleurs des données relatives au nombre probable de ces astres et à leur masse totale. Il est également l'auteur de travaux sur l'activité solaire, les satellites de Jupiter et plusieurs comètes.

En astronomie sidérale, M. Stroobant a étudié la densité stellaire, en fonction de la distance angulaire au cercle galactique, d'après la Carte et le Catalogue photographiques du ciel. Il a fait ressortir qu'elle varie différemment, dans la branche traversant la constellation de l'Aigle et dans la région opposée. Dans le même ordre d'idées, il a prouvé que la différence constatée entre le nombre d'étoiles fourni par la photographie et l'observation visuelle, dans les diverses régions du ciel et, en particulier, dans la voie lactée, provient de la densité stellaire et non, comme on l'avait supposé, d'un caractère particulier de la lumière des étoiles. L'étude du mouvement du système solaire, dans l'espace, fondé sur la considération des vitesses radiales des étoiles, l'a conduit à constater que les étoiles des divers types spectraux, notamment les étoiles à hélium, donnent des valeurs différentes pour cette vitesse. Ce travail renferme la première indication de l'existence d'une relation entre les types spectraux des étoiles et leurs vitesses radiales, considérée aujourd'hui comme une vérité scientifique indiscutable. M. Stroobant a d'ailleurs montré que l'accumulation des étoiles doubles spectroscopiques, dans la zone galactique, est liée au fait que les étoiles à hélium, toutes localisées dans la Voie lactée, sont très fréquemment des systèmes binaires.

Citons encore ses travaux sur le nombre probable des étoiles du type d'Algol, sur la nature des étoiles temporaires, sur celles qui paraissent animées, dans l'espace, d'un mouvement de translation voisin de celui du Soleil, etc.

Ces recherches multiples n'ont pas empêché l'auteur de se livrer à l'observation des étoiles variables, des étoiles temporaires, des étoiles filantes, etc., et à l'étude de diverses questions de technique instrumentale.

Des travaux sur les observatoires, de nombreux articles et notices, dont huit consacrées aux progrès récents de l'Astronomie et publiées dans l'*Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique*, complètent l'œuvre de M. **Stroobant** dont l'intérêt a conduit la Commission à le proposer pour le prix Lalande.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BENJAMIN VALZ.

(Commissaires : MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Jordan, Lippmann, Émile Picard; Andoyer, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer ce prix à M. **Jean Trousset**, aide-astronome à l'Observatoire de Bordeaux. M. Trousset s'est toujours distingué par son zèle pour l'astronomie pratique : il a fait de nombreuses observations méridiennes et des mesures micrométriques d'étoiles doubles; il a appliqué et perfectionné l'étude des erreurs des traits des cercles divisés, et discuté la stabilité de ces erreurs. Mais M. Trousset a publié aussi d'importants travaux de Mécanique céleste : dans sa Thèse de doctorat, notamment, il s'est proposé une étude semi-analytique du mouvement du huitième satellite de Jupiter, découvert par Melotte à Greenwich en 1908. On sait que cette étude est rendue fort délicate par la grandeur du demi-axe, de l'excentricité et de l'inclinaison de l'orbite du satellite. Les difficultés de la théorie de la Lune se retrouvent ici considérablement amplifiées et il est nécessaire, en particulier, de renoncer complètement aux développements analytiques par rapport au paramètre m, rapport des moyens mouvements du Soleil et du satellite, dont la valeur absolue dépasse $\frac{1}{6}$. L'incertitude qui règne encore sur la véritable valeur de m, oblige de plus à déterminer les dérivées des coefficients des perturbations par rapport à m, afin de pouvoir tenir compte des variations qu'on peut être amené à attribuer à cette quantité par la comparaison aux observations. Après avoir heureusement sur-

monté ces difficultés, M. Trousset détermine les éléments de l'orbite du huitième satellite de Jupiter, d'après les observations.

Dans un travail plus récent, M. Trousset étudie les perturbations séculaires du nœud et de l'inclinaison de l'orbite des petites planètes dont le demi-grand axe a une valeur voisine de deux : M. Charlier, après Tisserand, s'est occupé des difficultés singulières que l'on rencontre dans cette question; en reprenant correctement les calculs de M. Charlier, M. **Trousset** obtient des résultats qui confirment ceux de Tisserand.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX G. DE PONTÉCOULANT.

(Commissaires : MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Jordan, Lippmann, Émile Picard ; Andoyer, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer ce prix à M. **A.-C.-D. Crommelin**, astronome à l'Observatoire de Greenwich, secrétaire de la Société astronomique royale de Londres. M. Crommelin a toujours montré, depuis le commencement de sa carrière, le plus grand zèle pour l'astronomie pratique : il a étudié les mouvements propres d'un grand nombre d'étoiles; il a publié pendant de nombreuses années les éphémérides propres à faciliter les observations physiques de Jupiter, de Mars et de la Lune; il a pris part à l'observation des éclipses de Soleil en vue de vérifier les théories nouvelles sur le mouvement de la lumière. En collaboration avec M. Cowell, ou bien seul, il a calculé par quadratures mécaniques l'orbite du huitième satellite de Jupiter; il s'est aussi consacré tout spécialement à l'observation des comètes, et aux recherches théoriques sur l'orbite de ces astres. En particulier, à propos du retour de la comète de Halley en 1910, il a repris avec M. Cowell, l'étude complète des perturbations de cette comète, qui avait déjà fait l'objet des recherches de Pontécoulant; et il a calculé les dates précises de ses anciennes apparitions.

Plus récemment, M. Crommelin s'est occupé du retour de la comète Pons-Winnecke, pour le mois de juin de la présente année. Cette comète est spécialement intéressante par la grandeur de ses perturbations, tout à fait propres à déterminer très exactement la masse de Jupiter. M. **Crommelin** se demande s'il n'est pas possible de l'identifier avec la seconde comète de l'année 1766 : l'application du critérium de Tisserand, quoique peu favo-

rable à cette hypothèse, laisse encore la question en suspens; il est à souhaiter que de prochaines recherches viennent donner une solution définitive à ce problème.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

GÉOGRAPHIE.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. Grandidier, Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Edmond Perrier, Guignard, le prince Bonaparte; Louis Favé, rapporteur.)

Le lieutenant-colonel **Georges Perrier** a été détaché en 1898, presque au début de sa carrière, au Service géographique de l'Armée et affecté à la Section de Géodésie, dont il est aujourd'hui le chef. Depuis cette date jusqu'à la guerre, à part six années pendant lesquelles des fonctions d'ordre plus spécialement militaire l'en ont détourné, toute son activité a été consacrée à la Géodésie. Il a pris part à divers travaux de triangulation, de nivellement, de déterminations astronomiques, en France, en Algérie, en Tunisie, ainsi qu'à des missions de délimitations de frontières au Maroc et en Albanie.

Parmi les opérations auxquelles il a collaboré, il y a lieu de mentionner particulièrement la mesure d'un arc de méridien équatorial en Amérique, en raison de l'importance de cette expédition, de la part qu'il y a prise et du rôle qu'il a rempli depuis qu'elle a pris fin.

La mission dite *de l'Équateur* fut constituée en 1900 pour reprendre, en lui donnant plus d'extension, la mesure de l'arc de méridien effectuée en Amérique au XVIIIe siècle par les Académiciens français; elle fut confiée au Service géographique de l'Armée. Après une reconnaissance préparatoire, elle débuta en 1901 et se prolongea jusqu'en 1906, retardée par des difficultés de toutes sortes, mais surtout par les conditions météorologiques constamment défavorables aux observations qui caractérisent la région où elle opérait.

Le lieutenant-colonel Perrier, parti en 1901, resta pendant cinq années, sauf une courte période de repos passée en France, attaché à l'expédition et présent sur les lieux du travail; il participa à tous les genres d'opérations qu'elle comportait.

Des nécessités de service ou des conditions personnelles de carrière ayant détourné de ce travail les autres officiers géodésiens qui, au nombre de neuf, avaient successivement pris part à la mission, il se trouva, à partir de 1907, chargé de la mise en œuvre de la masse considérable de documents géodésiques et astronomiques qu'elle avait rapportés. En dehors de l'Histoire naturelle et de l'Ethnographie, dont s'occupent des spécialistes, la publication des résultats doit comporter vingt et un fascicules; quatre d'entre eux avaient paru avant la guerre, un cinquième a paru depuis; une partie importante de la préparation des autres était achevée en 1914.

La discussion des observations, les corrections qu'elles comportent, la compensation du réseau des triangles ont exigé des études préalables très approfondies et des calculs déjà très considérables.

L'exposé de résultats destinés à constituer des données primordiales pour la détermination de la figure de la Terre, ne doit comporter ni inexactitude, ni lacune, ni obscurité.

Il ne paraît pas douteux que la précision obtenue malgré des conditions particulièrement difficiles et pénibles ne soit équivalente à celles des meilleures triangulations et que l'œuvre dont notre pays a tenu à se charger, ne doive lui faire honneur. Le lieutenant-colonel Perrier, qui y a pris une large part, est plus à même que qui que ce soit d'en assurer l'achèvement lorsqu'il pourra disposer du temps et du personnel de calculateurs nécessaires.

Au commencement de la guerre, le lieutenant-colonel Perrier eut à utiliser ses connaissances spéciales pour l'organisation ou la direction de groupes de canevas de tir; il fut successivement chargé de ceux de trois armées. Mais le développement de l'artillerie réclamait le concours des officiers de carrière et il fut nommé en 1917 au commandement d'un régiment d'artillerie de campagne. La façon dont il l'exerça a prouvé que ses longs travaux de Géodésie ne l'empêchaient pas d'être en pleine possession de la technique de son arme, et qu'à de hautes connaissances scientifiques, s'alliaient chez lui les plus belles qualités militaires.

Depuis la fin de la guerre, le lieutenant-colonel Perrier a eu à réorganiser la Section de Géodésie qui, en raison des destructions subies par la partie Nord-Est de notre territoire, de notre pénétration au Maroc et de

notre rôle en Syrie, a vu s'étendre son champ d'action. Il a pris part personnellement en 1920 au début des opérations de Syrie.

L'ensemble des travaux du lieutenant-colonel **G. Perrier** répondant à la question posée pour le prix Gay, la Commission propose de le lui décerner.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION TCHIHATCHEF.

(Commissaires: MM. Grandidier, Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Edmond Perrier, Guignard, le prince Bonaparte; Favé, rapporteur.)

Les arrérages de ce prix ne sont pas attribués, faute de candidats remplissant les conditions très spéciales fixées par le fondateur.

NAVIGATION.

PRIX DE SIX MILLE FRANCS.

(Commissaires : MM. Grandidier, Boussinesq, Sebert, Bertin, Vieille, Lallemand, Lecornu, Bourgeois, Kœnigs, Mesnager; Fournier et Favé, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 4000^{fr} à M. **William Loth**, pensionnaire de la fondation Thiers, pour ses diverses inventions concernant la navigation, notamment pour son procédé de conduite des navires à l'entrée des ports;

Un prix de 2000^{fr} à M. **René Mesny**, professeur d'hydrographie, attaché au service de radiotélégraphie militaire, pour ses travaux de radiogoniométrie.

Rapport de M. le vice-amiral Fournier *sur les créations scientifiques de M.* **W. A. Loth** *et leurs importantes et fécondes applications à la marine.*

M. **Loth**, jeune pensionnaire de la Fondation Thiers, chevalier de la Légion d'honneur, est, parmi les inventeurs de notre époque, celui qui,

pendant et depuis cette guerre, a le plus contribué, par ses aptitudes scientifiques, la nature de ses travaux et leurs applications, à augmenter la sécurité de la navigation et l'efficacité de nos forces navales militaires et commerciales.

On peut s'en convaincre par l'énumération suivante de ses multiples créations :

1° *Un microphone de fond adopté par la marine*, ainsi qu'en fait foi la lettre ci-dessous du Président du Conseil, Ministre de la Guerre, datée du 8 mars 1918, au sous-lieutenant du génie Loth, attaché à la première escadrille des sous-marins de Cherbourg :

« M. le Ministre de la Marine m'a fait connaître, par lettre du 20 février dernier, que les *microphones de fond*, système Loth, dont vous êtes l'inventeur, viennent d'être définitivement adoptés par son département, et il m'a prié de vous transmettre le témoignage de sa satisfaction. »

2° *Appareils divers pour écoles d'écoute* (étude et reproduction des bruits d'hélices) *adoptés par la marine*.

3° *Solution du problème de l'écoute sur drague* permettant, notamment, aux navires dragueurs de mines, de savoir quand l'une d'elles est engagée dans la drague. L'appareil Loth, en supprimant les *cisailles* employées auparavant, permet aux dragueurs d'explorer le fond avec une vitesse beaucoup plus grande, en étendant de plus la largeur de la zone explorée, de 180^m à 500^m environ.

Ce problème ardu, dont la solution avait été vainement cherchée à l'étranger, a demandé plus d'une année d'études laborieuses et délicates. Ce *nouveau système, gardé secret, a été adopté par la marine de guerre*, après des expériences concluantes, car il a eu pour résultat de diminuer, dans une grande proportion, le danger des mines ennemies et les destructions qui en résultaient.

4° M. Loth a également inventé des fusées pour obus dont les expériences ont été faites avec succès à Bourges et dont le principe d'assurer l'explosion en toute occasion au point de chute, est également applicable aux fusées d'obus de la marine et des torpilles, les études se poursuivent.

5° Solution du problème de la *conduite des navires à leur entrée dans un port et, à leur sortie, en temps de brume* et, *en temps de guerre, pendant la nuit*, les *phares éteints*, au moyen d'un câble guide.

Ce câble élongé sur le fond de la mer est parcouru par un courant alternatif, de fréquence musicale (600 à 1000 périodes par seconde). Ce courant crée dans l'espace environnant un champ magnétique variable, spécial. La forme de ce champ varie avec la fréquence. Ses lignes de forces traversent

les surfaces de cadres fixes placés à bord et au-dessus des navires et disposés, d'après la forme spéciale du champ, de telle façon que tout bâtiment, sans autre moyen de se diriger, puisse connaître à tout instant :

1° La direction du câble;

2° Le nombre de degrés d'inclinaison de sa route sur cette direction;

3° Sa distance à ce guide et le côté où il le suit.

Grâce à ce système, on a pu conduire aisément et sans hésitation (du large à Brest, non seulement des bâtiments de faible tonnage, mais un croiseur-cuirassé de 10000 tonnes, « *la Gloire* ».

Ce *système a été adopté par la marine de guerre*, après de longues expériences sur mer, qui ont exigé des milliers de mesures, en dehors de celles du laboratoire.

On peut s'en servir également pour la conduite des *hydravions* et des *dirigeables*, au-dessus de la mer, en temps de brume, d'un port à un autre, et jusqu'au nouvel aérodrome.

Actuellement, de nouvelles expériences sont entreprises par M. Loth, en avions, sur la demande du sous-secrétariat de l'aéronautique et avec le concours de la section technique de l'aviation, pour tâcher de résoudre le même problème, à terre; de manière à permettre à des avions et à des dirigeables d'y suivre, par temps de brume et, la nuit, sur des trajets quelconques, les voies télégraphiques ordinaires, d'un aérodrome à un autre, avec une sécurité complète, malgré les reliefs du sol.

On ne peut encore publier les résultats de ces intéressantes expériences, d'un caractère confidentiel. Mais, je puis dire qu'ils sont des plus encourageants et de nature à ouvrir à l'aviation terrestre des possibilités nouvelles importantes dans un champ illimité, puisqu'elles permettraient à tous les avions et aux dirigeables de naviguer, d'un aérodrome au suivant, et d'y atterrir, ou d'en appareiller, au besoin, pendant la nuit et dans la brume, simplement en suivant à l'écoute de sons rythmés, les lignes télégraphiques du continent, organisées à cet effet pour l'addition du fil directeur spécial parcouru par un courant alternatif.

En résumé : Votre Commission trouvera sans doute, après cette énumération sommaire des nombreux et importants services rendus à notre marine de guerre et de commerce par les récentes créations scientifiques de M. **Loth**, leurs applications et leurs conséquences fécondes dans l'avenir, qu'elles sont de nature à donner, à la candidature de ce jeune inventeur au prix de 6000^{fr}, inscrit au budget de la marine et donné par l'Académie, des titres incontestablement de premier ordre.

Rapport de M. Favé *sur les travaux de M.* **Mesny.**

M. **René Mesny**, professeur d'Hydrographie, mobilisé dans les services de T. S. F. de la Marine, a été chargé pendant la guerre de travaux concernant la radiogoniométrie.

L'application de procédés permettant de déterminer, à grande distance, la direction d'un centre d'émission d'ondes hertziennes, présente un haut intérêt, particulièrement en temps de guerre, pour la navigation maritime ou aérienne. Le Système Bellini-Tosi était en 1914 le seul susceptible de donner des résultats pratiques; M. Mesny fut conduit à en compléter la théorie et en améliora la sensibilité. La grandeur de la double antenne que comportait ce système n'en permettait guère l'emploi qu'à terre, mais en 1916 il fut remplacé par un tout autre dispositif. Un fil est enroulé sur un cadre qui est mobile autour d'un axe vertical et dont les dimensions sont assez restreintes pour qu'il puisse être placé sur un navire ou un aéronef. En orientant le plan du cadre dans une direction perpendiculaire à celle de la propagation des ondes à leur arrivée, on obtient, en principe, un silence absolu dans les téléphones récepteurs. En fait il se produit des perturbations très complexes qui compromettent l'exactitude de la détermination de la direction cherchée. Les études expérimentales et théoriques de M. Mesny l'ont conduit à imaginer d'une part un « compensateur » augmentant la précision des observations, d'autre part un dispositif levant l'incertitude de 180° qui subsiste lorsque l'on a obtenu le silence.

Chargé d'étudier l'application des cadres tournants à bord des navires, il détermina les déviations des ondes se produisant au voisinage d'une masse conductrice et établit des formules dont les expériences faites à bord et à terre sur des collines de forme allongée, ont démontré l'exactitude. Elles seront d'une grande importance pour la pratique des « radio-compas » dont la mise au point se poursuit.

M. Mesny eut à procéder à l'installation, sur nos côtes et sur celles de nos possessions africaines, d'une vingtaine de postes radiogoniométriques destinés à déterminer le relèvement des navires passant au large et à leur en transmettre l'indication. La plupart d'entre eux sont encore actuellement en service.

Ses études ont porté de plus sur l'absorption des ondes par la mer et sur la résistance d'un circuit oscillant. Attaché depuis avril 1920 au service de la Télégraphie militaire et placé sous les ordre du général Ferrié, M. Mesny a participé, avec quelques autres collaborateurs, à ses études sur les dévia-

tions nocturnes des ondes de grande longueur dont les premiers résultats ont été récemment communiqués à l'Académie. Dans ces travaux, M. **René Mesny** a fait preuve, outre d'une grande habileté expérimentale, de connaissances physiques et mathématiques d'un ordre élevé.

La Commission propose de lui attribuer le tiers du prix de six mille francs de la Marine.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Grandidier, Boussinesq, Sebert, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Favé, Mesnager; E. Bertin, rapporteur.)

La Commission propose l'attribution d'un prix Plumey de 2000fr à M. **Paul Dumanois**, ingénieur principal de la Marine, pour son Mémoire intitulé : *De la détermination d'un critère de fatigue générale des moteurs à combustion interne*.

Le critère imaginé par M. Dumanois pour établir le degré de sécurité d'une machine Diesel donne le moyen de juger de la valeur comparative des appareils.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIQUE.

PRIX GASTON PLANTÉ.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Daniel Berthelot, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Cyrille Guilbert**, sous-directeur de l'École supérieure d'Électricité, professeur adjoint au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'ensemble de ses travaux sur l'électricité.

M. Guilbert a rendu depuis de longues années de grands services dans

l'enseignement comme professeur, et dans l'industrie comme ingénieur-conseil. Il a publié de nombreux travaux originaux sur l'électrotechnique dans les revues périodiques; ceux qui sont relatifs à la théorie des machines synchrones et asynchrones, contiennent un grand nombre de considérations nouvelles et importantes, notamment sur les calculs des coefficients de force électromotrice et de force magnétomotrice dans ces machines, sur l'influence de la saturation du fer, sur les conditions d'accouplement des alternateurs inégaux, sur les diagrammes de correction des moteurs synchrones, sur les méthodes d'essai des moteurs à courant continu et à courant alternatif; on y trouve des études très poussées sur les méthodes de correction à appliquer dans ces essais pour tenir compte de toutes les circonstances de perturbation, etc.

M. **Guilbert** paraît être, par l'étendue de ses travaux, par toute sa carrière et par la haute situation qu'il occupe dans le monde des électriciens, particulièrement désigné pour le prix Gaston Planté.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HÉBERT.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Bouty, Villard, Branly, Daniel Berthelot, Boussinesq, Carpentier; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean-Baptiste Pomey**, ingénieur en chef des télégraphes, qui a écrit plusieurs ouvrages très intéressants sur l'électricité théorique (Cours d'Électricité théorique, Introduction à la Télégraphie et à la Téléphonie sans fil) et de nombreux articles scientifiques et techniques sur tout ce qui touche à l'électricité et à la télégraphie. M. **Pomey** s'est distingué pendant la guerre par les grands services qu'il a rendus comme chef des services télégraphiques à l'armée de Salonique, puis à l'Établissement central de la Télégraphie militaire.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Daniel Berthelot, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul de la Gorce**, ingénieur, chef des travaux au Laboratoire central d'Électricité.

M. de la Gorce a publié de 1908 à 1910 en collaboration avec M. Laporte plusieurs importants mémoires sur l'équivalent électrochimique de l'argent qui, rapprochés des recherches poursuivies en même temps dans d'autres pays, ont permis de fixer la valeur de cette constante fondamentale pour le système des unités électriques.

Avec le concours de M. Laporte, puis de M. Girault, il aborda ensuite avec succès l'important problème pratique des essais des diélectriques sous des tensions continues ou alternatives. Il prit part, en 1913, à l'étude photométrique des nouvelles lampes électriques, luminescentes particulièrement dans le rouge extrême et l'ultraviolet; enfin en 1914 et 1916 il a publié deux notes intéressantes sur la détermination des harmoniques d'une courbe de tension alternative par la méthode de résonance, et sur l'essai des transformations de mesure de courant.

Cet ensemble de recherches, à la fois variées et précises, ont paru à la Commission recommander M. DE LA GORCE pour le prix de Parville.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Emile Picard, Carpentier; Daniel Berthelot, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **JOSEPH BETHENOD**, ingénieur-conseil de la Société alsacienne de Constructions mécaniques et de la Société française radio-électrique, pour ses travaux sur la télégraphie sans fil.

M. **J. BETHENOD**, s'est signalé au cours des quinze dernières années par des recherches variées et fort intéressantes sur de nombreux sujets touchant à des branches de l'électrotechnique; mais les plus importantes ont trait à la télégraphie sans fil. On lui doit en particulier d'avoir mis au point un matériel très bien réussi à étincelles musicales par alternateur réglé directement à la résonance, des vibrateurs pour la télégraphie à bord des avions, des appareils multiplicateurs de fréquence, des alternateurs à haute fréquence, des éclateurs à étincelles synchrones accouplés en parallèle par induction, etc.

Il a développé dans diverses revues françaises et étrangères des théories relatives aux différentes questions de télégraphie sans fil et dont plusieurs

constituent des progrès importants par rapport à ce qu'on savait auparavant; notamment en ce qui concerne le rendement des antennes, le rendement d'un système de transmissions hertziennes, la théorie des audions générateurs de la modulation et de la détection par audions, etc.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CLÉMENT FÉLIX.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Bouty, Villard, Branly, Daniel Berthelot, Boussinesq, Carpentier; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. le duc **Maurice de Broglie**, pour la continuation de ses recherches sur les rayons X.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. Lemoine, Haller, Le Chatelier, Urbain, Schlœsing, Maquenne, Lindet; Moureu et Béhal, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

un prix de 2500^{fr} à feu **Lucien Ville**, licencié ès sciences, pharmacien de l'asile de Clermont, Oise, pour ses travaux sur les gaz asphyxiants;

une mention honorable de 1500^{fr} à M. **Jean Pougnet**, licencié ès sciences, pharmacien à Beaulieu-sur-Dordogne, pour sa contribution à l'étude théorique et à la mise au point industrielle de quelques produits chimiques de guerre.

Rapport de M. Béhal *sur les titres de M.* **Lucien Ville.**

Lucien Ville, licencié ès sciences, pharmacien de l'asile de Clermont de son vivant, participa à la campagne de Belgique au début de la guerre, en qualité de pharmacien militaire; lorsque se stabilisèrent nos armées et qu'il y eut à parer aux dangers des gaz asphyxiants, il se trouva tout désigné pour un groupe de brancardiers divisionnaires dans lequel sa connaissance de la pharmacie et de l'hygiène lui permit de rendre d'appréciés services; au cours d'une instruction pour la défense de nos soldats contre les gaz, il fut victime d'une sérieuse intoxication par le chlore.

Ultérieurement, il fut appelé au laboratoire de M. Delépine pour participer aux recherches de ce savant sur les gaz de guerre et le seconder dans le contrôle des produits asphyxiants fabriqués par nos industriels. Par lui furent reproduites, pour servir de types dans les expériences physiologiques de M. Mayer, bien des substances vénéneuses telles que le cyanogène, le cyanure d'acétyle, le dinitrodichlorométhane, des dérivés sulfocyaniques nombreux, etc. M. Delépine a d'ailleurs publié avec Ville diverses observations dont la divulgation n'offrait pas d'inconvénients, telles que l'action de l'oxychlorure de carbone sur l'eau et sur ses récipients; celle du chlorure de brome sur l'éthylène, avec des considérations sur l'existence du chlorure de brome, l'action des chloro-iodo, bromo-iodo et diiodoéthanes-1.2, sur les sulfures de sodium; enfin, des données analytiques importantes sur le sulfure d'éthyle ββ-dichloré (ypérite).

Malgré le danger perpétuel qu'offrait la manipulation de ces produits, L. Ville ne paraissait plus se souvenir de son intoxication au front; c'est de tout son cœur qu'il apportait sa collaboration active, efficace, digne de tous les éloges. Mais le mal n'avait sans doute fait que suspendre ses effets, comme pour lui permettre d'accomplir sa tâche; alors que, retourné à son poste de Clermont, au milieu de sa famille depuis plus d'un an, **Ville** semblait revenir à une santé florissante, la tuberculose vint l'étreindre pour l'emporter fin novembre 1920, après huit mois d'épreuves cruelles qu'il supporta avec un rare courage et une hauteur d'âme exemplaire.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. Lemoine, Haller, Le Chatelier, Béhal, Urbain, Schlœsing, Maquenne, Lindet; Moureu, rapporteur.)

Les travaux de M. **Jean-Eugène Léger**, pharmacien honoraire des hôpitaux, membre de l'Académie de Médecine, ont principalement porté sur les composés organiques naturels.

I. Parmi les plus originaux, il faut citer d'abord ceux sur les *aloïnes*, dont il a établi la constitution en les dédoublant en arabinose gauche et en dérivés de l'anthraquinone.

On lui doit la découverte de deux alcaloïdes nouveaux : l'*hordénine*, qu'il caractérisa comme paraoxyphényléthyldiméthylamine, et la *carpiline*, qu'il retira, avec F. Roques, du jaborandi, et dont les deux auteurs, après y avoir reconnu une fonction lactone, étudièrent le dédoublement si singulier, par l'eau, en aldéhyde benzoïque et deux alcaloïdes nouveaux.

Avec E. Jungsfleich, M. Léger entreprit une longue suite de recherches sur la cinchonine, dans le but de la transformer en isomères optiques. Le résultat fut l'obtention de quatre bases, considérées alors comme des isomères optiques de la cinchonine, et de deux autres bases, décrites comme oxycinchonines.

II. Nous arrivons ainsi à l'année 1913, date à laquelle l'Académie décerna à M. Léger une part du prix Jecker. Depuis cette époque, M. Léger a continué ses recherches sur les aloïnes, en s'attaquant aux nataloïnes, dont il finit d'établir la constitution. Les nataloïnes résultent de la combinaison, avec élimination d'eau, de l'arabinose gauche avec une anthraquinone tétrasubstituée qui renferment 2OH, CH^2OCH^3, CH^2OH dans l'homonataloïne, ce dernier groupe étant remplacé par CH^2-CH^2OH dans la nataloïne. M. Léger obtint des nataloïnes racémiques, dédoublables en nataloïnes gauches semblables aux nataloïnes naturelles, et en une combinaison dextrogyre, indédoublable, des nataloïnes droite et gauche. Ces recherches sur les aloïnes furent rassemblées en deux remarquables Mémoires publiés dans les *Annales de Chimie* (ensemble 100 pages).

III. Dans ces dernières années, M. Léger a repris l'étude des bases dérivées de la cinchonine, qu'il avait obtenues trente ans auparavant avec Jungfleisch. Mettant à profit les connaissances acquises sur la constitution de la cinchonine, il a réussi à établir la constitution de toutes ces bases et à expliquer leur mode de formation.

Il reconnut d'abord que les soi-disant oxycinchonines sont non des

produits d'oxydation, mais des produits d'hydratation de la cinchonine; puis, que ce sont ces *oxydihydrocinchonines* qui, en perdant les éléments de l'eau, donnent, d'une part, la *cinchonigine* et la *cinchoniline*, bases à fonction éther-oxyde interne, et, d'autre part, l'*apocinchonine*, ou, plutôt, les *apocinchonines*.

Les oxydihydrocinchonines α et β sont des isomères optiques. Il en est de même de la cinchonigine et de la cinchoniline; mais ces deux dernières ne sont pas, comme le croyaient Jungfleisch et Léger, des isomères optiques de la cinchonine, pas plus que les apocinchonines.

M. Léger, ayant constaté que la δ-*cinchonine* est formée par un mélange de deux isomères, renfermant 2 atomes d'hydrogène de plus que la cinchonine, leur a donné le nom de *cinchonhydrines*. Ce sont des bases tertiaires-secondaires, dont les deux isomères représentent les formes *cis* et *trans*.

M. Léger, en traitant la cinchonidine par l'acide sulfurique à 50 pour 100, suivant la même méthode qu'avec Jungfleisch il avait appliqué à la cinchonine, obtint une *oxydihydrocinchonidine* et deux bases déjà connues, qui peuvent être considérées comme les apocinchonidines *cis* et *trans*. Ici, il ne se forme pas, comme dans le cas de la cinchonine, de bases à fonction éther-oxyde interne.

Enfin, M. Léger a repris l'étude de l'action des acides bromhydrique et iodhydrique sur la cinchonine et sur ses isomères; de l'action des acides bromhydrique et sulfurique sur les oxydihydrocinchonines α et β, ce qui lui a permis d'expliquer la genèse des isomères de la cinchonine obtenus dans la réaction de Jungfleisch et Léger.

L'ensemble des recherches sur les transformations de la cinchonine a été publié par M. Léger en un Mémoire de 129 pages, aux *Annales de Chimie*, sous les noms de E. Jungfleisch et E. Léger.

IV. L'originalité de tous ces travaux n'a d'égale que leur difficulté même. Il faut ajouter que M. Léger, sans aucune attache avec l'Université, soutenu par le seul idéal scientifique, en a poursuivi l'exécution dans les laboratoires de l'Assistance publique, à l'administration de laquelle il a appartenu pendant quarante années en qualité de pharmacien des hôpitaux. Exemple magnifique de dévouement à la Science et de persévérante énergie, sur lequel nous sommes particulièrement heureux d'appeler l'attention de l'Académie.

A l'unanimité, la Commission propose de décerner à M. **Léger** la totalité du prix Jecker.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. Lemoine, Le Chatelier, Béhal, Urbain, Schlœsing, Maquenne, Lindet; Haller et Moureu, rapporteurs.)

La Commission propose à l'Académie de décerner :

Un encouragement de 1500^{fr} à M. **Charles Courtot**, professeur suppléant à la Faculté des Sciences de Nancy, pour ses recherches sur la série des fulvènes;

Un encouragement de 1500^{fr} à M. **Charles Dufraisse**, docteur ès sciences, sous-directeur du laboratoire de recherches de chimie organique au Collège de France, pour ses travaux sur la stéréoisomérie éthylénique.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX BERTHELOT.

(Commissaires : MM. Lemoine, Le Chatelier, Moureu, Urbain, Béhal, Maquenne, Schlœsing, Lindet; A. Haller, rapporteur.)

Les recherches de Mme **Ramart-Lucas**, chef des travaux chimiques à la Sorbonne, sont d'ordre exclusivement synthétique. Son premier travail a porté sur le dédoublement des cétones aromatiques sous l'influence de l'amidure de sodium. Il fut suivi d'une série de recherches sur les trialcoylacétophénones et les alcoylpinacolines qu'elle soumit à l'action des organomagnésiens de M. Grignard. Il se forme, dans ces conditions, des alcools tertiaires dont les uns se prêtent à une déshydratation, tandis que d'autres subissent soit des dédoublements inattendus, soit des transpositions moléculaires.

Au cours de cet important travail, Mme Ramart a montré que toutes les cétones mises à l'étude ne sont toutefois pas susceptibles de réagir avec tous les composés organomagnésiens et que cette inaptitude se manifeste notamment avec les dialcoyl- et les trialcoylpinacolines. Une observation tout aussi inattendue a été faite en substituant aux iodures de méthyl- et d'éthylmagnésiums, les organomagnésiens du propyle et de l'isopropyle. Alors que les premiers se comportent normalement à l'égard de la triméthylacétophénone, par exemple, les seconds se bornent à agir comme réducteurs et à transformer cette cétone en alcool secondaire. Parmi les carbures

préparés par déshydratation des alcools secondaires, celui dérivé du pseudobutylphénylcarbinol fournit un acide particulier dont Mme Ramart a vainement tenté l'identification. Ce n'est ni de l'acide α-α-diméthyl-β-phénylhydrocinnamique déjà connu, ni de l'acide α-α-diphényl-β-méthylbutyrique, ni enfin de l'acide α-phényl, α-β-diméthylhydrocinnamique dont l'auteur a réalisé avec succès la synthèse. Le mystère de la constitution de cet acide n'est pas encore éclairci.

Les recherches de Mme Ramart ne se sont pas bornées à ce travail. Soit seule, soit en collaboration avec M. Haller ou avec M. Fourneau, elle a publié une série de Mémoires dont les sujets n'ont aucun rapport avec ceux que nous venons d'exposer.

Ses publications avec M. Haller : 1° Sur la préparation de l'oxyde de propylènediméthylacétophénone; 2° Sur deux méthodes de production des acides γ-cétoniques; 3° Sur un nouveau mode de synthèse des δ-aminocétones et des phényldialcoyltétrahydropyridines; 4° Sur les bromhydrines dérivés des allylalcoylacétophénones; 5° Sur les trois camphopropanolides, et son beau Mémoire publié avec M. Fourneau sur toute une série d'aminoalcools-1.3, dénotent chez Mme Ramart une maîtrise, un soin et une habileté expérimentale peu communs.

Ajoutons que les nombreuses déterminations d'ordre physico-chimique qu'elle a effectuées au cours de ses recherches en vue de contrôler nos vues sur la constitution des molécules mises au jour montrent que les mesures les plus délicates et les plus minutieuses lui sont aussi familières que les opérations synthétiques. En raison de tous ces mérites, en raison aussi de la fidélité et de la constance que Mme **Ramart** met à poursuivre ses recherches, la Commission propose à l'Académie de lui décerner le prix de synthèse Berthelot.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. Lemoine, Haller, Moureu, Béhal, Urbain, Schlœsing, Maquenne, Lindet; Le Chatelier, rapporteur.)

La Commission propose à l'Académie de décerner le prix à M. **Pierre Jolibois**, ancien élève de l'École Polytechnique, docteur ès sciences, professeur à l'École nationale supérieure des Mines, qui est, parmi les jeunes

chimistes qui s'occupent de chimie minérale, un de ceux dont les travaux présentent le plus d'originalité.

Ses recherches sur le phosphore, qui ont fait l'objet de sa thèse de doctorat, ont définitivement fixé les conditions de stabilité des trois variétés de phosphore. A cette occasion, il a déterminé pour la première fois le point de fusion du phosphore rouge, voisin de 600°. Ce sont là des mesures très dangereuses, au cours desquelles M. Jolibois a été blessé grièvement. A la suite de ces recherches, il a préparé toute une série de nouveaux phosphures, en particulier des composés très riches en phosphore, stables seulement sous des pressions élevées.

Il a étudié ensuite les propriétés physico-chimiques du réactif organomagnésien de M. Grignard, défini les meilleures conditions de rendement pour la préparation de ce corps. Enfin, l'étude de sa pyrogénation a conduit à la préparation de deux composés nouveaux : un hydrure de magnésium et un iodocarbure du même métal.

Attaché, pendant les dernières années de la guerre, à la poudrerie de Bassens, il a poursuivi là de très importantes recherches sur les conditions d'oxydation du bioxyde d'azote, sur le bilan de la nitration du phénol et sur l'emploi du dinitrobromophénol, comme explosif fumigène.

Depuis la guerre, il étudie spécialement les précipitations salines par mélange quasi instantané des dissolutions réagissantes. Il a pu ainsi caractériser dans les précipitations de phosphate de chaux un nouveau composé défini. Cette méthode semble devoir conduire à des résultats très intéressants pour le fractionnement par précipitation des mélanges de sels voisins.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Edmond Perrier, A. Lacroix, Depéret; Émile Haug, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **Alexandr Petrovič Karpinskij**, ancien directeur du Comité géologique de Russie, président du

7e Congrès géologique international, président de l'Académie des Sciences de Pétrograd, qui est le doyen des géologues russes. Ses travaux de géologie et de paléontologie le placent au premier rang des savants de sa génération.

Dans le domaine de la géologie, on lui doit un ensemble considérable de recherches sur le versant oriental de l'Oural, dont la publication remonte à 1883. L'auteur fournit la preuve d'importants mouvements orogéniques postérieurs au Jurassique et antérieurs au Crétacé supérieur ou tout au moins au Paléocène.

En 1894, il fait paraître un travail synthétique sur les mouvements de l'écorce terrestre dans la Russie d'Europe, où il établit que la répartition des terres et des mers aux périodes géologiques successives est conditionnée par ces mouvements. L'alternance des bassins s'étendant dans la direction des parallèles et des bassins allongés suivant le sens des méridiens s'explique par le jeu de dislocations parallèles soit à l'Oural, soit au Caucase. Ce Mémoire, qui eut un grand retentissement, a été traduit en français dans les *Annales de Géographie*.

Les recherches paléontologiques de M. **Karpinskij** sur les Ammonoïdés des couches d'Artinsk sont depuis longtemps classiques. Elles illustrent d'une manière saisissante le parallélisme qui existe entre les stades du développement individuel et ceux auxquels sont arrivés les genres successifs d'une série phylétique. Elles font, en outre, connaître en détail de nombreux termes de passage entre les faunes carbonifères et les faunes triasiques.

Les travaux ultérieurs de l'auteur ont trait au genre *Helicoprion*, curieux Elasmobranche, dont les dents étaient disposées en spirale, au genre *Volborthella*, le plus ancien Céphalopode connu, aux Trocholisques, singulières Algues calcaires des terrains primaires, représentées par leurs oogones, qui les classent au voisinage des Characées. Ils témoignent tous de remarquables dons d'observation et d'un sens critique très affiné.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DELESSE.

(Commissaires : MM. Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Haug, Edmond Perrier, A. Lacroix; Ch. Depéret, rapporteur.)

Les travaux de M. **Lucien Mayet**, chargé de cours à la Faculté des Sciences de Lyon, se rapportent à la Géologie et à la Paléontologie du Tertiaire, à la Paléontologie humaine, à la Préhistoire.

Parmi les plus importants, on peut indiquer sa Thèse de doctorat sur les *Mammifères des sables de l'Orléanais et des faluns de la Touraine* qui constitue une monographie remarquable, impatiemment attendue, de ces gisements comptant parmi les plus riches en Vertébrés miocènes de France. M. Mayet a démontré que la faune des faluns de la Touraine était une faune distincte de celle des sables de l'Orléanais et plus évoluée, fait qui avait été jusque-là mis en doute. Un second Mémoire de M. Mayet complète nos connaissances sur cette faune des faluns.

On doit, en outre, à M. Mayet d'autres Notes sur les Mammifères pliocènes de Senèze et sur l'*Elephas planifrons* de Chagny, espèce de l'Inde non encore identifiée en France.

Tournant son activité du côté des temps quaternaires, M. Mayet a fait de nombreuses fouilles dans les grottes et abris de la région lyonnaise, de la Bourgogne et du Languedoc. Secondé par une chance qui n'arrive qu'aux chercheurs infatigables, il a fait dans la vallée de l'Ain, à l'abri sous roche de la Colombière, l'importante découverte d'une belle station de la fin de l'Aurignacien, d'où il a pu réunir un véritable musée d'art préhistorique, sous la forme des plus anciens spécimens connus de la gravure sur pierre. On y voit représentés, sur des galets de l'Ain, la plupart des animaux éteints ou émigrés de l'époque quaternaire : le grand Ours, le Bœuf musqué, le *Rhinoceros tichorhinus*, le Renne, etc., en même temps qu'une curieuse figuration humaine sur os de Mammouth. Ce sont des documents de tout premier ordre pour la paléontologie humaine de notre pays.

A l'unanimité, la Commission propose de récompenser l'ensemble des travaux de M. **Mayet** par l'attribution du Prix Delesse.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VICTOR RAULIN.

(GÉOLOGIE ET PALÉONTOLOGIE.)

(Commissaires : MM. Barrois, Wallerant, Termier, de Launay, Haug, Edmond Perrier, A. Lacroix, Depéret; H. Douvillé, rapporteur.)

M. **Louis Mengaud**, chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Toulouse, vient de publier sous le titre de *Recherches géologiques dans la région cantabrique*, un important Mémoire (370 pages) accompagné de nombreuses coupes, de seize planches de photographies, de deux planches de fossiles, et

de deux cartes géologiques. Il a étudié avec grands détails la constitution de cette région, particulièrement intéressante parce qu'elle représente le prolongement des Pyrénées. On y retrouve les mêmes formations, mais souvent moins bouleversées et plus fossilifères; aussi leur étude vient heureusement compléter nos connaissances sur la formation de la chaîne et apporte des clartés nouvelles sur quelques points encore obscurs.

Les couches à Rudistes et Orbitolines du Crétacé inférieur viennent s'intercaler ici dans une série où les Ammonites ne font pas défaut; les calcaires y sont puissamment développés et sont associés à des dolomies minéralisées constituant des gisements importants de calamine, de blende et de galène, activement exploités.

La coupe du tertiaire est plus complète; on retrouve l'Éocène inférieur de la chaîne centrale, mais directement recouvert par les couches de Biarritz et celles-ci, à leur partie supérieure, présentent la faune des couches à Lépidocyclines de l'Aquitaine.

Un Chapitre spécial est consacré à la tectonique, et l'auteur met en évidence l'existence de deux nappes de charriage, celle des « Picos de Europa » et celle des « Sierras ».

Dans son ensemble, la région cantabrique semble être le prolongement du bord du géosynclinal de l'Èbre; elle est affectée de plis de directions et d'âges pyrénéens; c'est une aire d'ennoyage de ces plis, dont les axes se relèvent d'une part dans les Pyrénées basques et de l'autre dans les Asturies.

On voit toute l'importance des résultats obtenus. L'auteur mobilisé pendant tout la guerre a pu cependant mener son étude à bonne fin et cela malgré aussi toutes les difficultés de l'heure présente. C'est à l'unanimité que la Commission le propose pour le prix Raulin.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JOSEPH LABBÉ.

(Commissaires : MM. Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, Haug, Edmond Perrier, A. Lacroix, Depéret; de Launay, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Edouard-Alfred Martel**, membre du Conseil supérieur d'hygiène publique, le promoteur bien connu des recherches spéléologiques, pour son *Nouveau Traité des eaux souterraines* publié récemment.

Ce livre de 840 pages est un Ouvrage capital, qui résume une longue carrière scientifique d'observations personnelles, constamment originales et minutieusement poursuivies sur le terrain, dans les conditions parfois les plus difficiles. L'auteur y a mis en lumière d'une façon nette le mécanisme des circulations souterraines à travers les terrains fissurés et, particulièrement, dans les terrains soumis aux actions dissolvantes comme les calcaires, en combattant, pour ces terrains, l'idée erronée de nappe continue qui a gardé longtemps trop de défenseurs. Il a mis en évidence les causes de contamination qui agissent sur des sources très abondantes et, par suite, très recherchées pour l'alimentation en eau des villes. En renouvelant la science de l'hydrologie souterraine, il a rendu un service de premier ordre à l'intérêt général.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. Guignard, Gaston Bonnier, Costantin, Lecomte, Dangeard, Edmond Perrier, Bouvier, le prince Bonaparte; Louis Mangin, rapporteur.)

Votre Commission a eu à examiner pour le prix Desmazières le travail de M. **Robert Douin**, préparateur à la Sorbonne, consacré aux *Recherches sur les Marchantiées*. L'accroissement du thalle, dont le mécanisme était encore incertain, se produit, d'après M. Douin, aux dépens d'une seule initiale et les modalités de son cloisonnement donnent lieu à des types de ramification plus nombreux qu'on ne l'avait admis avec Leitgeb.

L'auteur établit ensuite que les appareils sexués proviennent d'un point végétatif spécial, indépendant du sommet végétatif du thalle, et l'étude de leur développement démontre leur complexité.

Au cours de cette étude, M. Douin a décrit l'appareil spécial d'absorption de l'eau dont le mécanisme était à peine soupçonné.

Ce travail qui s'étend à tous les genres de Marchantiées européens et à

quelques genres exotiques est complété par l'exposé d'une classification nouvelle plus rationnelle.

Votre Commission vous propose d'attribuer à M. **Douin** le prix Desmazières pour ses intéressantes recherches.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. Guignard, Costantin, Lecomte, Dangeard, Edmond Perrier, Bouvier, le prince Bonaparte; Gaston Bonnier et Louis Mangin, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 1000^{fr} à M. **René Maire**, professeur de Botanique à l'Université d'Alger, pour ses travaux sur la flore mycologique de l'Afrique du Nord;

Un prix de 500^{fr} à M. **G. Bioret**, professeur de Botanique à la Faculté libre des sciences d'Angers, pour son mémoire intitulé : *Le développement et la biologie des graphidées corticoles*.

Rapport de M. Louis Mangin *sur les travaux de M.* **René Maire**.

M. **René Maire**, professeur de Botanique à l'Université d'Alger, a publié un certain nombre de Notes ou Mémoires destinés à faire connaître la flore mycologique de l'Afrique du Nord sur laquelle nous ne possédions que des documents rares et épars. Il a en même temps préparé un exsiccata qui constitue un document de grande valeur.

Tout en publiant les *Schedae ad mycothecam Boreali-Africanam*, M. Maire rassemblait des matériaux pour l'étude des Laboulbéniales de l'Afrique du Nord, et dans une série de Notes faisait connaître le nombre déjà assez élevé de ce groupe remarquable : 55 espèces ou variétés connues en 1916. Un court travail sur la *flore mycologique des forêts de cèdre de l'Atlas* montre qne cette flore est caractérisée, en opposition avec les forêts de conifères européennes, par la rareté des espèces épixyles due à l'incorruptibilité des bois de cette essence; signalons aussi une originale étude sur les champignons vénéneux d'Algérie.

Tout cet ensemble constitue des documents de grand intérêt pour la

connaissance de la flore mycologique de l'Afrique et votre Commission vous propose d'attribuer à M. **Maire** un prix Montagne de 1000fr.

Rapport de M. Gaston Bonnier *sur le Mémoire de M.* **G. Bioret**.

M. **G. Bioret**, qui avait déjà publié en 1914, des recherches sur l'apothécie des Lichens, vient de rédiger un Mémoire important, accompagné de dessins et de planches en couleurs, sur *l'anatomie, le développement et la biologie des Graphidées corticoles*. Entre autres résultats intéressant la biologie générale et la classification, l'auteur montre que l'on a classé souvent comme variétés bien définies ou même comme espèces de premier ordre un même Lichen suivant qu'il se développe à la superficie ou à l'intérieur de l'écorce de l'arbre qui lui sert de substratum, ou encore suivant l'âge de ce même Lichen.

La Commission a jugé que ce travail était digne de l'un des deux prix Montagne, et accorde l'un de ces prix à M. **G. Bioret**.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX THORE.

(Commissaires : MM. Guignard, Gaston Bonnier, Costantin, Lecomte, Dangeard, Edmond Perrier, Bouvier, le prince Bonaparte; Louis Mangin, rapporteur.)

Votre Commission, en l'absence de candidats à ce prix, vous propose de l'attribuer cette année à M. **Samuel Buchet** préparateur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses recherches sur les Myxomycètes de France qui ont contribué à fixer pour un temps le catalogue des espèces de ce groupe.

Après avoir fait connaître la distribution des Myxomycètes dans la forêt de Fontainebleau, environ 50 espèces récoltées de 1908 à 1910, l'auteur nous fait connaître les principaux Myxomycètes de France d'une part, par l'examen des herbiers du Muséum, et d'autre part au moyen des récoltes faites d'un certain nombre de départements ou même de localités situées dans la zone de combat; forêt d'Argonne, 1915-1916; Vauquois, 1916; près de la Chalade, 1915, etc.

Les contributions ont notablement enrichi la flore de France qui compte maintenant, avec les espèces signalées dans les herbiers, plus de 130 espèces de Myxomycètes.

Ces résultats très intéressants autorisent votre Commission à vous demander d'attribuer le prix Thore à M. S. **Buchet**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. Guignard, Gaston Bonnier, Mangin, Costantin, Dangeard, Edmond Perrier, Bouvier, le prince Bonaparte; Henri Lecomte, rapporteur.)

Les travaux de **M. Henri Chermezon**, chef des travaux de Botanique à la Faculté des Sciences de Strasbourg, se rapportent les uns à la Systématique des Phanérogames, les autres à la Géographie botanique.

Dans le premier ordre d'idées, M. Chermezon a poursuivi, depuis plusieurs années, l'étude des Cypéracées de Madagascar et il a déjà publié ce qui concerne la tribu des Cypérées. Le nombre des espèces nouvelles décrites par lui atteint la cinquantaine, ce qui porte actuellement leur nombre à 140 pour la région Malgache.

M. Chermezon a montré que le centre de l'île compte de nombreuses espèces endémiques et que, dans l'ensemble, pour les Cypéracées du moins, et en se gardant de généraliser, la flore Malgache présente avec celle de l'Afrique du Sud, des affinités incontestables.

A la Géographie botanique, M. Chermezon a apporté une contribution appréciable par ses études sur la végétation de la haute vallée de l'Isère et par ses considérations sur les Associations végétales et sur leurs variations suivant les conditions d'existence.

L'étude de la végétation littorale de la côte des Asturies lui a permis de reconnaître trois zones, de salure décroissante : la *zone halophile* comprenant les plages et la base des falaises; la *zone paralienne* formée par les dunes et la pente des falaises; enfin la *zone plus intérieure*, de landes et de plaines plus ou moins humides, à flore spéciale, plus voisine de celle de la Bretagne par exemple, que de celle du centre de l'Espagne.

En ajoutant ce Chapitre nouveau à ses intéressantes recherches anatomiques sur les plantes du littoral, qui firent, en 1910, l'objet de sa Thèse de Doctorat ès sciences, **M. Chermezon** a prouvé l'unité de vues qui préside à ses travaux et, pour l'ensemble de ses recherches botaniques, la Commission propose de lui attribuer le Prix de Coincy.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN DE RUFZ DE LAVISON.

(Commissaires : MM. Guignard, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Edmond Perrier, Bouvier, le prince Bonaparte; Gaston Bonnier, rapporteur.)

Parmi les Mémoires présentés, la Commission a retenu celui de M. **Raoul Cerighelli**, préparateur au Muséum, relatif à la *Respiration de la racine*, et aux applications de ces recherches à l'influence du sol sur la végétation.

Ce travail vient combler une lacune importante dans la physiologie végétale, car la respiration, examinée avec de grands détails pour les divers organes de la plante, n'avait donné lieu à aucun Mémoire important en ce qui concerne la racine.

Les résultats obtenus par l'auteur, dans des expériences faites avec soin et précision, viennent éclairer cette question encore obscure, quant au rapport des gaz échangés et à l'intensité de la respiration dans les diverses circonstances.

La Commission, étant donnée l'importance de ce travail, propose de décerner le prix de Physiologie végétale à M. **Raoul Cerighelli**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX DA GAMA MACHADO.

(Commissaires : MM. Ranvier, Edmond Perrier, Bouvier, Marchal, Joubin, Grandidier, Laveran, le prince Bonaparte; Henneguy, rapporteur.)

M. **Jean Verne**, chef de laboratoire à la Faculté de Médecine de Paris, a étudié chez les Crustacés décapodes, tant au point de vue chimique qu'au point de vue histologique, la constitution et l'origine de divers pigments qui se trouvent dans les téguments de ces animaux. Il a pu établir l'existence de deux séries de métabolismes pigmentaires évoluant séparément : la série azotée d'origine protéique et la série des composés carotinoïdes. Ces métabolismes se traduisent par l'apparition à la suite d'un véritable phénomène de

sécrétion, dans des cellules dérivant du mésenchyme et désignés sous le nom de *chromatophores*, d'un produit pigmentaire initial. Le pigment une fois formé donne naissance, par des réactions diverses, à des dérivés soit dans le chromatophore même (série azotée), soit dans différents tissus de l'animal (série carotinoïde).

La série dite *azotée* est représentée par un pigment formé de corps à fonctions amino-acides renfermant de la tyrosine. Chez certains Crustacés, la tyrosine oxydée par une tyrosinase, dans les tissus exposés à la lumière, se transforme en mélanine. Chez d'autres Crustacés ce pigment amino-acide a une constitution différente et ne donne pas de mélanine.

La série dite de la *zooérythrine* ou des composés carotinoïdes est représentée à l'origine par un pigment dont le composant essentiel est un hydrocarbure, très voisin de la carotine végétale et en ayant toutes les propriétés. D'autres pigments carotinoïdes lui sont sans doute associés. La zooérythrine existe en dehors des chromatophores, principalement à l'état de combinaison avec une albumine; elle se rencontre surtout dans la carapace et dans les œufs; suivant les Crustacés, elle est rouge ou bleue.

Le travail de M. **Verne** apporte une contribution importante à nos connaissances sur les pigments animaux et répond entièrement au programme du prix Da Gama Machado. La Commission propose de lui décerner ce prix.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAVIGNY.

(Commissaires : MM. Ranvier, Bouvier, Henneguy, Marchal, Laveran, le prince Bonaparte; Joubin, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix Savigny à M. **Armand Krempf**, directeur de la mission scientifique en Indo-Chine, qui déjà en 1903 avait obtenu une mention honorable et en 1904 le prix, pour ses travaux sur les Coralliaires de la mer Rouge.

Les matériaux et les observations accumulés pendant plus de quinze ans par M. Krempf, tant à Obock et Djibouti que dans les mers du Tonkin, d'Annam et de Chine, lui ont permis de mener à bien des études extrêmement difficiles et du plus grand intérêt sur le développement des coralliaires.

Il en a exposé une partie dans deux Mémoires qui, bien que restés à l'état de manuscrits, faute de pouvoir les imprimer actuellement, ont été jugés

dignes d'être acceptés dans ces conditions anormales, comme thèses par la Faculté des Sciences; elle leur a attribué la mention très honorable et des félicitations.

M. Krempf, ayant pu étudier sur place des embryons des coralliaires constructeurs de récifs, a pu élucider les premières phases du développement des feuillets primitifs et des organes, ce que ses prédécesseurs n'ont pu faire ayant toujours étudié des embryons trop âgés.

Il a établi ainsi que les formations considérées comme primitives ne sont que secondaires et qu'avant l'apparition de ces organes déjà complexes la larve a passé par des états insoupçonnés dont l'étude critique est du plus haut intérêt pour la morphologie comparée.

Il est impossible d'entrer ici dans l'exposé de très nombreux faits observés par l'auteur. On peut dire qu'il a démontré que les larves des coralliaires commencent par se diviser en trois segments par des cloisons transversales; à l'intérieur se forment des lames verticales dorsales et ventrales. Dans cet état l'animal présente une symétrie tétraradiée correspondant à celle qui persiste définitivement chez les Acalèphes; le cloisonnement transversal correspond au stade scyphistome de ces mêmes Acalèphes, mais les segments ne se séparent pas.

Plus tard les lames ventrales disparaissent; les dorsales seules persistent et la larve présente alors la symétrie bilatérale; ses cloisons d'horizontales deviennent verticales par un mécanisme compliqué, et amènent enfin à la symétrie hexaradiaire définitive. Les extrémités des cloisons, que l'auteur nomme *enterotoxelles*, se soudent pour former le pharynx au centre duquel se perce finalement la bouche. Le coralliaire est dès lors constitué.

Le regretté professeur Y. Delage écrivait peu de temps avant sa mort : « Je considère ce travail comme un monument zoologique de haute importance. Ces recherches résolvent un de nos problèmes les plus obscurs et ouvrent des voies nouvelles. »

Dans un second Mémoire, M. **Krempf** expose ses observations sur la formation des récifs de coraux circulaires ou atolls dans les mers exposées aux moussons. L'atoll se forme par deux croissants de débris coralliens, faisant front aux deux directions alternantes des vents de mousson, et qui finissent par se souder par les pointes opposées. Ces observations sont intéressantes et élucident un point contesté dans les explications contradictoires des différents auteurs sur la formation des récifs de coraux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Charles Richet, Bazy, Guignard, Henneguy, Branly; Laveran, Quénu, Widal, Roux, Leclainche, rapporteurs.)

La Commission propose d'attribuer :

un prix de 2500fr à M. **Émile Roubaud**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour ses travaux relatifs au paludisme en France;

un prix de 2500fr à MM. les Drs **Célestin Sieur**, médecin inspecteur général de l'armée, et **Raoul Mercier**, professeur à l'École de médecine de Tours, pour leur Mémoire intitulé : *Le service de santé du groupe d'armées Fayolle en* 1918 ;

un prix de 2500fr à M. **Edouard Bourdelle**, professeur d'anatomie à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour son Ouvrage intitulé : *Anatomie régionale des animaux domestiques*, tome III : *Porc ;*

une mention honorable de 1500fr à M. le Dr **Édouard Antoine**, interne des hôpitaux de Paris, pour son Ouvrage intitulé : *Les recto-colites graves ;*

une mention honorable de 1500fr à M. **Marc Rubinstein**, chef du laboratoire de sérologie du Val-de-Grâce, pour son *Traité pratique de sérologie et de sérodiagnostic ;*

une mention honorable de 1500fr à M. le Dr **Arthur Vernes**, directeur de l'Institut prophylactique de Paris, pour son Ouvrage intitulé : *Atlas de syphilimétrie ;*

une citation à M. le Dr **Jacques Carles**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Bordeaux, pour son Ouvrage intitulé : *La dysenterie amibienne et les entérites chroniques de guerre ;*

à M. le Dr **Fernand Masmonteil**, interne des hopitaux de Paris, pour son Ouvrage intitulé : *Des fractures diaphysaires de l'avant-bras ;*

à M. le Dr **Pierre Menard**, pour son sphygmo-manomètre à mercure inversable à oscillations amorties ;

et à M. **Henri Velu**, chef du laboratoire de recherches du service de

l'élevage du Maroc, pour son Ouvrage intitulé : *Notes de pathologie vétérinaire marocaine ;*

Un encouragement de 1000fr à Mlle **Augustine Forget** dit **Barria**, fondatrice et directrice de l'œuvre « La rééducation de la parole ».

Rapport de M. A. Laveran *sur les travaux de M.* **E. Roubaud**, *Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur.*

M. **Émile Roubaud** concourt pour un prix Montyon (médecine et chirurgie) avec un ensemble de travaux relatifs au paludisme en France. Ces travaux ont fait l'objet de Notes publiées aux *Comptes rendus* de 1917 à 1920 et de deux Mémoires parus dans les *Annales* de l'Institut Pasteur en 1918 et en 1920.

Par des expériences diverses réalisées sur lui-même, M. Roubaud a établi tout d'abord le pouvoir infectant des *Anopheles* des régions non palustres ; il a montré ensuite comment, dans les régions non palustres à *Anopheles*, le bétail protège l'homme contre l'infection. Déjà plusieurs observateurs avaient signalé la prédilection des *Anopheles* pour le sang de certains animaux domestiques (bovins, chevaux) et sur la protection que ces animaux exercent sur l'homme dans les régions palustres ; M. Roubaud a eu le mérite, en s'appuyant sur ces faits et sur de nouveaux faits observés par lui, de poser les bases d'une prophylaxie rationnelle du paludisme à laquelle il a donné le nom de *prophylaxie animale*.

M. Roubaud classe les animaux domestiques de la manière suivante au point de vue de la protection qu'ils exercent sur l'homme en conséquence de leur attraction sur les *Anopheles :* porcs, bovins, chevaux, chèvres et moutons, en dernier lieu lapins et chiens.

Une objection se présente, c'est qu'en groupant des animaux autour d'une habitation, pour la protéger contre les moustiques, on risque d'attirer ces derniers et de faciliter leur pullulation en leur fournissant du sang en abondance. D'après les recherches de M. Roubaud, cette crainte serait vaine ; ce n'est pas tant la quantité de nourriture qui règle la pullulation des *Anopheles* que l'étendue des lieux favorables à leur développement.

M. **Roubaud** a fait connaître enfin une nouvelle méthode de traitement des eaux pour la destruction des larves d'*Anopheles* par l'emploi de la poudre de trioxymétylène qui ne souille pas les eaux traitées et qui agit spécifiquement sur les larves.

L'ensemble de ces travaux est d'un grand intérêt.

Rapport de M. Quénu, *sur le Mémoire de MM.* **C. Sieur** *et* **R. Mercier.**

Ce long Mémoire, très documenté, expose le fonctionnement du Service de Santé pendant la dure année 1918. Successivement, la rupture de la jonction anglo-française le 22 mars, l'offensive allemande dans les Flandres, puis au chemin des Dames le 8 juin, ont placé le Service de Santé dans une situation absolument tragique ; à sa tête était M. l'Inspecteur général **Sieur**, qui a vécu ces temps difficiles et en a fait un récit très documenté. Plus tard la guerre de mouvement a changé de sens, nous avancions au lieu de reculer, les difficultés furent affrontées avec plus d'entrain, elles ne furent pas diminuées et continuèrent jusqu'à la fin des hostilités. Un exemple : les blessés ou malades furent pour une seule armée (la IIIe) de 80000 du 22 mars au milieu de septembre. Pour une autre armée (la Xe) de juin à octobre les blessés ou gazés ont été au nombre de 111295, les malades au nombre de 29400. Le Service de Santé a fait face à ces différentes situations et s'en est tiré avec honneur, le mérite en revient en grande partie à M. l'inspecteur général **Sieur** et nous proposons de lui attribuer un prix Montyon, conjointement avec M. **R. Mercier.**

Rapport de M. E. Leclainche *sur l'Ouvrage de M.* **Édouard Bourdelle.**

La Commission propose d'attribuer un prix Montyon de médecine à M. **Bourdelle**, professeur à l'École vétérinaire d'Alfort, pour son Traité d'Anatomie régionale des animaux domestiques.

Les premiers volumes, consacrés à l'anatomie du cheval et des ruminants, sont dus à la collaboration de M. Montané, professeur à l'École vétérinaire de Toulouse, aujourd'hui décédé, et de M. Bourdelle. Le dernier volume paru, qui traite de l'anatomie régionale du porc, est l'œuvre exclusive de M. Bourdelle.

Le traité d'anatomie régionale représente une œuvre considérable, qui a nécessité vingt années d'un labeur assidu ; il comprend 1800 pages de texte et un millier de figures, toutes originales, en noir ou en couleur.

L'entreprise de MM. Montané et Bourdelle est originale en ce sens qu'aucun traité d'anatomie topographique n'a été publié en France jusqu'ici et que le dernier volume de M. Bourdelle représente la première monographie consacrée à l'anatomie du porc.

L'Ouvrage fait le plus grand honneur à M. **Bourdelle** ; il constitue une excellente et très importante contribution à l'étude de l'anatomie.

Rapport de M. WIDAL *sur l'Ouvrage de M. le Dr* **ÉDOUARD ANTOINE**, *intitulé : « Les recto-colites graves ».*

Dans ce travail, M. **ANTOINE** donne une bonne description clinique des recto-colites graves encore mal connues et présente une série de recherches entreprises au sujet de leur étiologie. Il montre que les différentes formes de recto-colites graves, hémorragiques, purulentes ou hémorragico-purulentes doivent être rangées dans un même chapitre de Pathologie, non seulement au point de vue purement descriptif, mais aussi au point de vue étiologique et bactériologique.

En dehors des parasites divers et des agents pathogènes multiples étudiés jusqu'ici, M. Antoine a pu isoler, dans un certain nombre de cas, par des prélèvements faits directement sur les lésions de la muqueuse recto-colite, des germes très voisins entre eux, se rapprochant du groupe des bacilles paratyphiques et qu'il classe dans le groupe des Salmonelloses.

Rapport de M. E. ROUX *sur l'Ouvrage de M.* **MARC RUBINSTEIN**.

Le fait que M. **MARC RUBINSTEIN** présente au concours du prix Montyon un Ouvrage intitulé : *Traité pratique de sérologie et de séro-diagnostic*, montre l'importance qu'a pour les médecins les diverses réactions obtenues au moyen du sérum sanguin. M. Rubinstein expose l'état actuel de nos connaissances sur ce sujet et il y ajoute le résultat de ses expériences et de ses observations personnelles, notamment sur les meilleures conditions à réaliser pour obtenir des réponses précises et concordantes de la réaction de Wassermann, sur les sérums antitryptiques et antipepsiques et sur le diagnostic sérologique de la tuberculose. L'Ouvrage de M. Rubinstein contient une bibliographie à jour; il est d'une grande utilité pour les chercheurs et pour les praticiens.

Rapport de M. WIDAL *sur l'Ouvrage de M. le Dr* **ARTHUR VERNES**, *intitulé : « Atlas de syphilimétrie ».*

Par la recherche systématique d'un phénomène physique, la floculation constatée dans le sang des syphilitiques à l'aide d'une technique spéciale, M. le Dr **VERNES** a mis en évidence les montées et les descentes de l'infection, ses rémissions et ses reprises chez les sujets traités. L'étude de la flo-

culation a conduit ainsi M. Vernes à une méthode de mesure de l'infection syphilitique, méthode qui lui permet de traiter ses malades et de suivre attentivement toute l'évolution de l'infection, en se guidant sur l'état de leur sang et de leur liquide céphalo-rachidie. Grâce à la recherche de la floculation, il démasque des syphilis ignorées et grâce à l'observation systématiquement prolongée de ses malades, il a pu les suivre avec sécurité et savoir si, à la suite des divers traitements employés, le malade reste ou non infecté.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Quénu, Widal, Bazy, Edmond Perrier, Guignard, Henneguy, Branly; Roux, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Ernest Sacquépée**, professeur au Val-de-Grâce, qui a étudié avec beaucoup de zèle, pendant la guerre, la gangrène gazeuse; il a isolé dans de nombreux cas un bacille qu'il désigne sous le nom de *B. Bellonensis* qui, par ses caractères et son pouvoir toxique, paraît identique au B. Œdematiens de Weinberg et Séguin. M. Sacquépée a préparé un sérum contre ce microbe; dans la prévention ou dans le traitement de la gangrène gazeuse; il l'associe, suivant les cas, au sérum antiperfringens et au sérum antivibrio-septiens. Les statistiques de M. Sacquépée sont très satisfaisantes.

Avant que le bactériologiste puisse dire quelles sont exactement les espèces microbiennes en jeu dans un cas de gangrène gazeuse, il s'écoule un certain temps nécessaire pour les caractériser. M. Sacquépée propose un procédé de diagnostic rapide, celui « du cobaye protégé » qui consiste à inoculer des cobayes les uns avec la sérosité pure des tissus malades, d'autres avec la sérosité additionnée de sérum antiperfringens, d'autres avec la sérosité additionnée de sérum antibellonensis, d'autres avec la sérosité additionnée de sérum antivibrio-septieus. M. Sacquépée se borne à l'épreuve par les trois sérums parce qu'ils correspondent aux bactéries les plus fréquemment trouvées dans la gangrène gazeuse. La résistance des cobayes indique dans la plaie l'existence du microbe correspondant au sérum reçu par l'animal. La maladie ou la mort des cobayes prouve qu'il existe dans

la plaie un autre microbe que celui correspondant au sérum donné. D'après l'auteur, un diagnostic pourrait être porté par cette méthode souvent en moins de 12 heures.

Le dévouement et le zèle dont M. **Sacquépée** a fait preuve dans la difficile étude de la gangrène gazeuse lui a fait attribuer le prix Barbier.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Quénu, Widal, Bazy, Edmond Perrier, Guignard, Henneguy, Branly; Roux, rapporteur.)

Depuis l'épidémie de peste bubonique de Hong-Kong en 1894, cette maladie a été transportée par les navires dans la plupart des grands ports du Monde. Ce sont les rats pesteux, venus des pays contaminés par bateau, qui transportent la maladie et la communiquent, au moyen de leurs puces, à leurs congénères des ports. Les ports de France n'ont, pas plus que les autres, échappé à la contamination et cependant aucune épidémie grave ne s'est développée parce que, les conditions de l'habitation ayant changé, les rapports entre l'homme et les rats ne sont pas ce qu'ils étaient autrefois et aussi parce que aujourd'hui nous connaissons très bien la maladie, ses modes de propagation et par conséquent les moyens de la combattre.

C'est une de ces épidémies que nous décrivent MM. les Drs **Édouard Dujardin-Beaumetz** et **Édouard Joltrain**, chefs de laboratoire à l'Institut Pasteur et à la Faculté de Médecine de Paris; elle apparut près du port fluvial d'une grande ville, où le trafic par bateaux est intense, et frappa surtout les quartiers habités par les chiffonniers. La maladie humaine était précédée d'une mortalité parmi les rats et plusieurs des personnes atteintes avaient touché des rats malades ou des rats venant de mourir. Les auteurs font voir comment la maladie est restée longtemps inconnue. Ils signalent une fois de plus les dangers que courent les personnes veillant les morts de peste, dans les locaux habités par les victimes.

MM. Dujardin-Beaumetz et Joltrain ont déployé la plus grande sagacité dans leurs enquêtes et ont pu établir la relation entre des cas paraissant tout d'abord n'en n'avoir aucune. Les observations rapportées par les auteurs démontrèrent l'efficacité de la vaccination antipesteuse qui procure

une immunité de 4 à 5 mois et celle du sérum antipesteux injecté à haute dose dans les veines des pestiférés, dans les trois premiers jours de la maladie.

La partie la plus originale du travail de MM. Dujardin-Beaumetz et Joltrain est celle qui traite du séro-diagnostic de la peste. Dès le cinquième jour de la maladie le sérum sanguin contient des anticorps que l'on peut mettre en évidence par la réaction de Bordet-Gengou. Les auteurs indiquent minutieusement la technique qu'ils ont suivie, elle leur a permis un diagnostic précis de cas de peste ambulatoire impossibles à définir cliniquement, et aussi des diagnostics rétrospectifs. Les anticorps apparaissent rapidement dans le sang des personnes vaccinées et y persistent plusieurs mois.

Le travail de MM. Dujardin-Beaumetz et Joltrain peut servir de guide aux médecins sanitaires appelés à combattre une épidémie de peste; ceux-ci en agissant comme les auteurs l'ont fait obtiendront le même succès et rendront le même service.

La Commission propose l'attribution d'une somme de 5000fr sur les arrérages du prix Bréant à MM. les Drs **Dujardin-Beaumetz** et **Joltrain** avec le titre de lauréats.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Quénu, Widal, Guignard, Roux, Henneguy, Branly; P. Bazy, rapporteur.)

L'Académie n'a reçu pour le prix Godard qu'un Ouvrage écrit en collaboration par les docteurs **Xavier Delore**, chirurgien des hôpitaux de Lyon, et **André Chalier**, ancien chef de clinique chirurgicale à la Faculté de Médecine de Lyon : *La tuberculose génitale chez l'homme et chez la femme*.

Les auteurs attirent l'attention sur une série de Chapitres nouveaux non étudiés dans les Ouvrages classiques et surtout « sur l'étude d'ensemble qu'ils consacrent à la tuberculose génitale de la femme qui constitue la plus importante acquisition de la gynécologie moderne ».

Ce Livre constitue une bonne revue générale, une mise au point assez exacte de la question; nous vous proposons d'accorder le prix Godard pour 1921 à ses auteurs.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. Laveran, Charles Richet, Quénu, Widal, Bazy, Guignard, Roux, Henneguy, Branly; d'Arsonval, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Widal, Bazy, Guignard, Roux, Henneguy, Branly; Quénu, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 700fr à M. le Dr **Étienne Ginestous**, ophtalmologiste de l'hôpital suburbain de Bordeaux, pour son Ouvrage intitulé : *Traité pratique d'hygiène oculaire;*

Un prix de 700fr à M. le Dr **Georges Rosenthal**, ex-chef de clinique de la Faculté de Médecine de Paris, pour ses travaux sur la trachéo-fistulisation.

Rapport de M. Quénu *sur l'Ouvrage de M.* **Étienne Ginestous.**

M. **Ginestous** n'a pas eu la prétention de faire les découvertes en publiant son *Traité pratique d'hygiène oculaire*, mais son petit livre est bien conçu, bien écrit et peut être considéré comme pouvant contribuer sinon à l'amélioration de l'espèce humaine (prix Bellion), du moins à la préservation du sens visuel des hommes; il est digne d'une récompense.

Rapport de M. F. Widal *sur les recherches de M. le Dr* **Georges Rosenthal**, *relatives à la méthode de trachéo-fistulisation.*

M. le Dr **Georges Rosenthal** a, dans une série de travaux, fait connaître une méthode, celle de la trachéo-fistulisation. Grâce à elle, on peut introduire facilement dans la trachée, à l'aide d'aiguilles simples ou montées sur plaques mobiles, tout médicament liquide, gazeux ou pulvérulent. Elle peut être appliquée aux sujets incapables de se plier à l'injection intratrachéale par voie naturelle. M. Rosenthal rapporte les résultats intéressants obtenus par lui, grâce à cette méthode, dans le traitement de la broncho-pneumonie.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX DU BARON LARREY.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Laveran, Quénu, Widal, Bazy, Guignard, Roux, Henneguy, Branly; Charles Richet, rapporteur.)

Votre Commission vous propose de décerner le prix Larrey au Dr **Georges Ferry**, aide-major au parc aéronautique n° 6, assistant à la cliniqne chirurgicale de l'Université de Strasbourg, pour son beau Mémoire sur le *mal des Aviateurs*. Cet Ouvrage, qui a paru en 1916, a été complété par une série de recherches (1918-1919). L'ensemble constitue une excellente documentation sur le mal des Aviateurs (anoxhémie due à la diminution de la pression barométrique). M. **Ferry** a été un des premiers à montrer dans ce cas la fréquence des troubles cardiaques et les intoxications d'origine rénale.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ARGUT.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Quénu, Widal, Guignard, Roux, Henneguy, Branly; P. Bazy, rapporteur.)

Le Dr **François Foveau de Courmelles**, médecin électro-radiologiste des maisons d'éducation de la Légion d'honneur, nous a envoyé ponr le prix Argut une série de brochures, montrant que ses travaux sur les rayons X et le radium en gynécologie correspondent bien au programme de ce prix : à savoir qu'il sera décerné « au savant qui aura fait une découverte permettant de guérir par la médecine une maladie ne pouvant jusqu'alors être traitée que par la chirurgie et agrandissant ainsi le domaine de la médecine ».

En conséquence, nous vous proposons d'accorder le prix Argut au Dr **Foveau de Courmelles**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy, Mangin; Charles Richet, rapporteur.)

Votre Commission vous propose de décerner le prix à M. **Henri Piéron**, directeur du laboratoire de psychophysiologie de la Sorbonne, pour ses études nombreuses et exactes sur les réflexes et le tonus musculaire. Quoique l'étude du réflexe rotulien ait été faite par nombre de médecins et de physiologistes, bien des points restent obscurs. M. Piéron a donné d'excellents graphiques du phénomène, et montré le rôle considérable que jouent les muscles antagonistes, il a pu distinguer la réponse clonique (cellules motrices des cornes antérieures) de la réponse tonique (cellules des cornes latérales).

Ses publications à cet effet sont nombreuses, tant à la Société de Biologie, que dans la *Presse médicale*, et le *Journal de Physiologie et de Pathologie générales*.

Nous signalons, sans pouvoir la récompenser, une très bonne étude sur l'iris, de M. **André Magitot**, ophtalmologiste des hôpitaux de Paris, qui ne contient pas d'expériences nouvelles, mais qui constitue une excellente monographie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy, Mangin; Charles Richet, rapporteur.)

Votre Commission vous propose de décerner le prix au Livre de MM. **Georges Guillain**, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris, et **Alexandre Barré**, professeur à la Faculté de Médecine de Strasbourg : *Travaux neurologiques de guerre*. Ce n'est pas un Ouvrage didactique, c'est un recueil d'observations cliniques importantes. Nous indiquerons tout spécialement un Chapitre très original, au point de vue de la séméiologie, sur les réflexes. Les observations de MM. **Guillain** et **Barré** sont aussi utiles à la physiologie normale qu'à la clinique (plaies de l'encéphale; plaies de la moelle épinière).

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PHILIPEAUX.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Roux, Laveran, Mangin, Charles Richet; Henneguy, rapporteur.)

M. **Édouard Grynfeltt**, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Montpellier, a publié, depuis une vingtaine d'années, un grand nombre de Notes et Mémoires relatifs à l'anatomie et à la physiologiede l'œil des Vertébrés.

Ses recherches ont porté principalement sur le muscle dilatateur de la pupille. En étudiant chez 35 espèces les plus différentes des Mammifères, son développement, sa structure des relations, il a pu établir que le muscle dilatateur est un organe myo-épithélial résultant d'une adaptation spéciale, dans l'iris, des cellules pigmentaires du feuillet antérieur de la cupule optique, par conséquent d'une lame épithéliale émanant des vésicules optiques. Ces données ont été confirmées par plusieurs observateurs (Heerfordt, Nussbaum, Herzog, etc.). Étendant ses investigations aux autres classes de Vertébrés, Oiseaux, Reptibles, Batraciens et Poissons, M. Grynfeltt est arrivé aux mêmes conclusions, mais il a constaté que, chez les Poissons, la musculature irienne présente des variations importantes d'une espèce à l'autre, variations en rapport avec certains facteurs mécaniques de l'accommodation. Il a été ainsi amené à étudier spécialement l'appareil de l'accommodation chez les Poissons et il a montré que le ligament ciliaire des auteurs est en réalité un muscle tenseur de la choroïde, antagoniste de la campanule de Haller.

Ces données d'anatomie comparée ont conduit M. Grynfeltt à une interprétation nouvelle de la valeur respective des divers faisceaux du muscle ciliaire des Vertébrés; chez tous on retrouve les fibres cornéo-scléro-choroïdiennes du tenseur de la choroïde. Enfin, l'auteur a signalé un certain nombre de faits intéressants relatifs à la constitution de l'œil, tels que l'existence de valvules artérielles dans les vaisseaux oculaires des Batraciens et la vascularisation de la rétine chez le Congre.

Les travaux de M. **Grynfeltt** apportent une contribution importante à nos connaissances sur l'anatomie et la physiologie de l'œil des Vertébrés.

La Commission proposé de lui décerner le prix Philipeaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FANNY EMDEN.

(Commissaires : MM. Roux, Laveran, Henneguy, Mangin, Charles Richet; d'Arsonval, rapporteur.)

Le prix n'est pas décerné.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. de Freycinet, Haton de la Goupillière, Émile Picard, Appell, Violle, le prince Bonaparte; Tisserand, rapporteur.)

M. **Gabriel Letainturier**, préfet du département de l'Yonne, a remis un volume de 314 pages intitulé *Deux années d'efforts dans l'Yonne pendant la guerre* (août 1914 à août 1916); il y a joint un certain nombre de brochures traitant des mêmes faits, année par année, pendant cette période inoubliable.

Ces documents, qui condensent les faits de 1914 à 1918, constituent une véritable statistique raisonnée.

Ils nous font connaître en effet, en détail, l'organisation et le fonctionnement de toutes les administrations du département de l'Yonne, la nature et l'importance des réquisitions des denrées agricoles, et d'animaux pour le service de l'armée et de la population civile; il signale les services rendus par les associations agricoles, commerciales et industrielles, par les sociétés de secours, les commissions de ravitaillement et de réquisition, ainsi que les mesures multiples, compliquées, trop souvent confuses, qui ont été prises, jour par jour, en vue de faciliter les efforts faits pour conserver à la population des villes et des campagnes un moral élevé et encourager, sous toutes ses formes, la production, en favorisant toutes les initiatives pour le bien public et la mise en œuvre des terrains incultes ou abandonnés.

M. **G. Letainturier** a eu le mérite de réunir dans un ensemble méthodique tous les rapports et communications que, comme préfet, il a présentés

pendant toute la durée des hostilités au Conseil général de l'Yonne qu'il administrait et administre encore aujourd'hui.

Il s'est montré fonctionnaire vigilant et actif; il a bien rempli les devoirs de sa charge en maintenant, par un zèle inlassable, le moral de la population à un niveau élevé et en provoquant chez tous ses collaborateurs le zèle et le dévouement dont il leur donnait l'exemple.

Pour ces motifs, la Commission propose de lui décerner le prix Montyon de Statistique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Appell, Bouvier, Bigourdan, de Launay, Daniel Berthelot; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. le Dr **Alfred Rouxeau**, professeur à l'École de Médecine de Nantes, pour ses deux Ouvrages intitulés : *Laënnec avant* 1806, *Laënnec après* 1806.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLES.

MEDAILLE ARAGO.

(Commissaires : MM. Lemoine, Bertin, Émile Picard; A. Lacroix, rapporteur.)

Le Bureau propose à l'Académie de décerner, cette année, la médaille Arago à M. **Auguste Pavie**, explorateur, ministre plénipotentiaire, comme

haut témoignage d'estime pour les services éminents qu'il a rendus à la science et au pays par ses explorations en Indo-Chine et les publications auxquelles elles ont donné lieu.

L'Académie adopte la proposition de son Bureau.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT.

GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, Guignard, Douvillé, Le Chatelier, Termier; A. Lacroix, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante :

Établir une classification méthodique des plantes vasculaires paléozoiques.

Aucun mémoire n'a été présenté sur cette question.

La Commission propose de ne pas décerner le prix et d'attribuer deux mentions honorables de 1500[fr] :

l'une à M. **Paul-Honoré Fritel**, assistant au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux sur la paléobotanique du Tertiaire parisien,

l'autre à M. **Pierre Marty**, collaborateur de paléontologie au Musée royal d'histoire naturelle de Belgique, pour ses recherches sur la flore fossile du Cantal.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PETIT D'ORMOY.

SCIENCES MATHÉMATIQUES PURES OU APPLIQUÉES.

(Commissaires : MM. Jordan, Boussinesq, Appell, Painlevé, Bigourdan, Lecornu; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à feu **Georges Humbert**, membre de l'Académie, pour l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PETIT D'ORMOY.

Sciences naturelles.

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Mangin; Termier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Marcellin Boule**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'ensemble de son œuvre paléontologique et particulièrement pour son beau livre : *Les Hommes fossiles* (*Éléments de paléontologie humaine*), paru au début de l'année 1921.

M. Boule est un maître dont l'éloge n'est plus à faire. Aucun des domaines de la paléontologie animale ne lui est étranger; celui des Vertébrés est son principal champ d'études, et, parmi les Vertébrés, les Mammifères sont ses fossiles de prédilection. C'est par eux qu'il a été conduit à la paléontologie humaine. « M. Boule, disait récemment un de ses élèves, est probablement le savant du monde qui possède la plus large expérience des commencements de l'humanité. Tous ceux qui sentent la gravité du problème de nos origines lui seront reconnaissants d'avoir fixé, dans un livre admirablement clair et merveilleusement édité, les éléments essentiels de sa vision du passé.... Son livre, *Les Hommes fossiles*, n'est pas l'œuvre d'un pur anatomiste, ni d'un simple archéologue. La nouveauté de l'ouvrage, sa puissance démonstrative et éducative tiennent à ce qu'il utilise les méthodes les plus larges de la géologie et de la paléontologie : l'homme y est étudié avec toutes les ressources que fournissent les sciences de la Vie et de la Terre. »

La Commission fait siens ces magnifiques éloges. Elle estime que, dans le développement de la Préhistoire, l'apparition du livre de M. **Boule** marquera une époque importante, la fin de la phase primitive où la science se mélangeait de fantaisie et de rêve, le début de la phase normale, où l'observation précise prend la première place et où la méthode rigoureuse s'impose à tous les travailleurs.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LE CONTE.

(Commissaires : MM. Lemoine, Bertin, Emile Picard, A. Lacroix, d'Arsonval, Painlevé, Douvillé, Le Chatelier, Moureu, Rateau; Daniel Berthelot, rapporteur.)

La Commission propose à l'unanimité de décerner le prix à M. **Georges Claude** pour avoir réussi, grâce à l'utilisation judicieuse de facteurs physiques, à créer de nouvelles et importantes industries qui, nées dans notre pays, se sont ensuite répandues dans le monde entier.

Dès sa sortie de l'École de Physique et Chimie de la Ville de Paris, M. Georges Claude, ingénieur électricien à l'usine des Halles, puis à la Compagnie française Thomson-Houston, se signala par des études remarquées sur la mesure des différences de phases des courants alternatifs et sur le mécanisme des courants de retour des tramways, et surtout par la publication d'un ouvrage de vulgarisation, *l'Électricité à la portée de tout le monde*, qui est justement regardé comme un modèle du genre. Un talent d'exposition imagé et primesautier s'y allie heureusement à une science sûre et exacte. Plusieurs générations de lecteurs ont été initiées à la compréhension des phénomènes électriques par cet excellent Ouvrage, qui a été traduit en diverses langues étrangères et dont l'édition française a été tirée maintenant à près de 50000 exemplaires. L'Académie des Sciences lui a décerné le prix Hébert.

En 1896, frappé des accidents auxquels avait donné lieu l'acétylène liquide, M. Claude proposa en collaboration avec M. Hess l'emploi de l'acétylène dissous dans l'acétone, dont la consommation, en France seulement, dépasse actuellement 600000$^{m^3}$ par an.

Son attention ayant été attirée par cette recherche sur les hautes températures nécessaires à la préparation du carbure de calcium, M. Claude eut l'idée qu'elles pourraient être avantageusement obtenues au moyen de l'oxygène. Il chercha à extraire ce gaz de l'air : problème déjà bien ancien, que les méthodes purement chimiques s'étaient montrées impuissantes à résoudre économiquement. Il essaya successivement divers procédés physiques : la dissolution inégale des deux gaz essentiels de l'air, puis la centrifugation. Il trouva enfin la solution dans la liquéfaction de l'air, dont les travaux de Cailletet avaient démontré la possibilité au laboratoire et ceux de Linde à l'usine. M. Claude eut recours à des moyens différents et supé-

rieurs à ceux du savant allemand. A la détente à l'air libre, il substitua la détente avec travail extérieur qui produit un abaissement de température beaucoup plus grand. Bien que manifestement supérieur au point de vue théorique, ce mode de détente avait échoué, lors des essais de Solvay et de Siemens devant une difficulté pratique que Linde déclara insurmontable : le graissage des moteurs à air comprimé à des températures voisines de 200° au-dessous de zéro. M. Claude la résolut d'une manière aussi simple qu'imprévue : il montra que l'éther de pétrole, très mobile à la température ordinaire, devient un excellent lubréfiant à ces très basses températures.

Le travail engendré par la détente de l'air qui se refroidit est employé à comprimer de nouvelles masses d'air qui, par un passage méthodique dans des échangeurs de température, se refroidissent graduellement de $+20°$ à $-190°$. On arrive ainsi à un rendement voisin à celui prévu par la théorie.

Les appareils à air liquide de M. Claude sont remarquables par la faiblesse de leurs dimensions, par la sécurité et l'économie de leur fonctionnement. Ils sont aujourd'hui d'un usage courant dans des pays très variés et ont rendu, durant la guerre, les plus précieux services aux alliés.

Le mélange atmosphérique une fois liquéfié, il s'agissait d'en séparer les éléments. Ici encore, M. Claude marqua la solution de son empreinte personnelle. Sur la foi des expériences de Dewar, Linde croyait que l'oxygène et l'azote se liquéfiaient simultanément, ce qui le conduisait à liquéfier d'abord toute la masse du gaz et à séparer ensuite par évaporation l'oxygène de l'azote. Guidé par la théorie, M. Claude constata que, malgré l'écart relativement faible des points d'ébullition des deux corps, l'oxygène se liquéfie le premier : en conséquence, il parvint, grâce au procédé devenu classique du *retour en arrière*, à condenser dans les premières portions l'oxygène, en enrichissant en azote le gaz non liquéfié. Il réalisa de la sorte, à des températures voisines de $-200°$, des appareils analogues et non moins parfaits que ceux employés dans les distilleries pour séparer l'alcool de l'eau. L'oxygène et l'azote sont ainsi préparés à l'état pur.

L'oxygène a reçu de multiples applications parmi lesquelles il convient d'en signaler une dont M. Claude fut l'initiateur : la fabrication d'explosifs à oxygène liquide. Jugée d'abord par quelques-uns comme une fantaisie, elle est entrée aujourd'hui dans la pratique courante des mines.

Quant à l'azote, il a été employé particulièrement à la préparation de la cyanamide, destinée soit à la fabrication des engrais, soit à celle des

explosifs. La capacité de production des appareils Claude, utilisés dans ce but durant la guerre, approchait de un million de mètres cubes d'azote par jour.

La distillation fractionnée de l'air liquide donne de plus les gaz rares de l'atmosphère (argon, néon, helium, etc.) en quantités jusque-là inconnues et avec une exactitude qui fait de la méthode un procédé de dosage. Non seulement M. Claude les mit libéralement à la disposition des chercheurs qui étudiaient ce chapitre de la Science, mais il en réalisa lui-même une application nouvelle à grande échelle dans ces curieux tubes à néon qui, sous l'influence du courant électrique, donnent économiquement une lumière rouge orangé d'un bel effet décoratif.

Dans ces dernières années, M. Claude s'est attaqué à un problème nouveau et non moins important que celui de l'air liquide : la fabrication synthétique de l'ammoniaque.

Il est trop tôt encore pour qu'on puisse formuler une opinion définitive sur les résultats de M. Claude dans cette voie et l'Académie n'entend pas se prononcer sur la valeur industrielle de son procédé de synthèse de l'ammoniaque.

Toutefois il est permis de signaler dès aujourd'hui la hardiesse et l'habileté expérimentale avec laquelle il a introduit à cette occasion dans les usines chimiques l'emploi de pressions beaucoup plus élevées que celles qui avaient été employées avant lui.

La loi du déplacement de l'équilibre à laquelle est attaché le nom de M. Le Chatelier, nous a appris dès 1884 que la synthèse de l'ammoniaque est de celles que la pression favorise; et en 1901, dans le brevet qu'il prit sur cette synthèse, M. Le Chatelier a attiré l'attention sur l'importance industrielle de ce fait. Mais ce n'est que vers 1913, et après plusieurs années d'efforts, qu'une technique appropriée utilisant l'effet combiné d'une pression de 200^{atm} et d'une température de 600°, a été mise au point dans tous ses détails, en Allemagne, à l'usine d'Oppau.

M. Claude n'a pas craint de reprendre le problème en substituant aux pressions de 200^{atm}, des pressions de 900^{atm} à 1000^{atm}. Malgré la témérité apparente de l'entreprise, il a réussi à les réaliser et à les faire fonctionner d'une manière régulière.

L'emploi de ces hyperpressions offre l'avantage de donner dans les appareils un excédent de chaleur qui permet de réduire considérablement leurs dimensions et dispense de l'emploi des échangeurs de chaleur, et de fournir en dehors des appareils l'ammoniaque à l'état liquide.

En dehors même du problème spécial envisagé ici, M. Claude a réalisé par là un important progrès technique qui trouvera sans doute maintes applications à l'avenir.

Ce bref exposé montre que, quel que soit le domaine auquel M. Claude ait appliqué son activité, il est toujours parvenu, partant de vues théoriques nettes et précises, à les faire passer dans la région des faits par les procédés les plus simples et les plus directs; nul n'a su franchir avec plus de sûreté la distance qui sépare le laboratoire de l'usine; l'audace de la conception se double chez lui de la puissance de la réalisation.

L'ensemble de ces qualités classe M. **Georges Claude** dans la famille des grands inventeurs : nul n'a paru à la Commission mieux qualifié aujourd'hui que lui pour le prix Le Conte.

L'Académie adopte la proposition de la Commission

PRIX JEAN REYNAUD.

(Commissaires : MM. Jordan, Émile Picard, d'Arsonval, Roux, Lindet, Breton; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à feu **Yves Delage**, membre de l'Académie, pour l'ensemble de son œuvre scientifique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU BARON JOEST.

(Commissaires : MM. Guignard, Haller, Roux, le prince Bonaparte, Breton; Lindet, rapporteur.)

Parmi les questions que la physico-chimie s'applique à résoudre, il n'en est pas de plus difficiles que celles soulevées par la constitution, les propriétés et les transformations des colloïdes, parce qu'elles sont le reflet de phénomènes dont nous commençons à peine à connaître les lois : la pression osmotique, l'ionisation, la catalyse, l'adsorption, la coagulation et la composition des complexes.

M. **Jacques Duclaux**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, a eu le grand mérite d'écrire un livre clair et bien ordonnancé, sur les « colloïdes » dans lequel il se garde bien d'excursionner au domaine des hypothèses, et

se borne à exposer les faits qui peuvent être affirmés. C'est ainsi que l'auteur a circonscrit son étude aux colloïdes minéraux et spécialement aux colloïdes de synthèse, les plus faciles à étudier, se réservant de superposer plus tard aux résultats acquis, les observations qui pourront être faites sur les colloïdes naturels, végétaux et animaux.

La plupart des documents qui ont permis à M. **Jacques Duclaux** d'écrire cet Ouvrage sont ceux mêmes qu'il a créés dans les études qu'il ne cesse de poursuivre depuis 1904 et qui lui ont valu le titre de Docteur ès Sciences. Aussi l'Académie a-t-elle voulu, sous le couvert de ce livre, récompenser ce travailleur modeste et acharné, qui poursuit sans relâche une même idée avec de puissants moyens intellectuels, en lui décernant le prix fondé par M. le Baron de Joest.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PARKIN.

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, Laveran, Bigourdan, Douvillé, Termier; A. Lacroix, rapporteur.)

L'Académie connaît bien les travaux de M. **Fernand de Montessus de Ballore** et a récompensé déjà ses Ouvrages devenus classiques sur la Sismologie. En les préparant, M. **de Montessus de Ballore** a été conduit à lire une énorme quantité d'ouvrages anciens et modernes. Il en a extrait tout ce qui concerne les idées populaires émises sur l'origine des séismes et des éruptions volcaniques : fables, légendes, superstitions, etc.; de cet ensemble, fortement documenté, il en a fait un livre, riche en indications bibliographiques, intéressant pour l'histoire de l'évolution de l'esprit humain : il ne manquera pas d'être d'un grand attrait pour tous ceux qui s'intéressent au folklore.

Cet Ouvrage a été soumis à l'Académie, en manuscrit; les difficultés de l'heure présente n'ont pas permis, en effet, de l'imprimer. En proposant de décerner le prix Parkin à son auteur, la Commission entend à la fois faciliter l'impression de cet Ouvrage et donner un témoignage de haute estime à son auteur qui soutient avec succès, au loin, le bon renom de la science française. M. **de Montessus de Ballore** est depuis de longues années directeur du Service sismologique du Chili, à Santiago.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : MM. Jordan, Boussinesq, Lippmann, Appell, Bigourdan, Baillaud; Émile Picard, rapporteur.)

M. **Pierre Boutroux**, professeur d'histoire générale des Sciences au Collège de France, est à la fois un mathématicien, un historien et un philosophe. Il s'est fait connaître de bonne heure par de remarquables travaux d'analyse mathématique sur les fonctions entières et sur les valeurs asymptotiques des intégrales de certaines équations différentielles. L'Académie lui a décerné, en 1912, le grand prix des Sciences mathématiques pour l'un d'entre eux.

M. Boutroux cultive en même temps l'histoire et la philophie des sciences. On lui doit des études d'un grand intérêt sur le rôle attribué par Descartes à l'intuition dans la spéculation mathématique. Cette conception cartésienne de l'intuition, un peu oubliée à la fin du siècle dernier à la suite de M. Bergson, est en remarquable accord avec les vues professées par nombre de mathématiciens modernes. On a été amené de plus en plus, à la suite des études de M. Boutroux, à considérer et à définir une intuition *purement intellectuelle*, qui est, à peu de chose près, l'intuition cartésienne. Le point de vue intuitif s'oppose, ici, au point de vue logique et synthétique. Sous le point de vue de l'intuition, la mathématique n'est pas seulement une longue chaîne de combinaisons; ce qui a du prix et ce qui constitue l'invention, n'est pas le travail de combinaison, mais le choix et la discrimination des éléments combinés. M. Boutroux dut, à ce sujet, soutenir des polémiques assez vives, car en tout ordre les logiciens à outrance sont parfois des fanatiques.

Un important Ouvrage a été consacré par M. Boutroux à un exposé historique et critique des principes de l'Analyse mathématique, où il a dégagé, à propos de chacune des théories relatives à cette science, les traits et caractères qui en expliquent la genèse, et où il s'est efforcé de trouver des preuves à l'appui des idées philosophiques qu'il avait antérieurement émises. Il a aussi collaboré avec MM. Brunschwieg et Gazier à l'édition complète des Œuvres de Pascal, assumant principalement l'établissement du texte des œuvres mathématiques et physiques de l'auteur des *Pensées*. On lui doit enfin un Livre tout récent, rempli de vues pénétrantes, sur l'*Idéal scientifique des Mathématiciens*.

Devant une œuvre aussi variée et aussi pleine, votre Commission a été unanime à attribuer le prix *Saintour* à M. **Pierre Boutroux.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

Ouvrages de science.

(Commissaires : MM. Lemoine, Bertin, A. Lacroix, Paul Appell, Moureu, Paul Janet; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. le commandant **Camille Martinot-Lagarde**, du Service technique de l'aéronautique militaire, pour ses Ouvrages intitulés : *Les moteurs d'aviation; Le moteur à explosion; Les nouveaux moteurs d'aviation.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. Roux, Laveran, Maquenne, Mangin, Charles Richet; Guignard, rapporteur.)

Parmi les travaux adressés par les concurrents à ce prix, la Commission a retenu un important Mémoire de M. **Augustin Damiens**, professeur agrégé à la Faculté de pharmacie, intitulé : « *Sur le brome existant normalement dans les tissus animaux* ».

Dans une étude historique et critique de la question, l'auteur montre d'abord que les méthodes suivies jusqu'ici pour le dosage du brome dans les tissus animaux ont manqué de spécificité ou de sensibilité. Il s'ensuit que le brome n'a été décelé d'une façon certaine que dans quelques organes seulement.

Reprenant alors la question dans son ensemble, il a étudié une méthode nouvelle de caractérisation et de dosage de cet élément. Il emploie une réaction due à MM. Denigès et Chelle, et utilise pour la destruction des matières organiques une technique qui laisse à la réaction toute sa sensibilité. Il est ainsi possible de déceler $\frac{1}{6000000}$ de brome dans une prise d'essai de 60^g. La méthode permet de retrouver cet élément jusqu'à la limite de $0^{mg},005$ dans l'essai.

Le brome accompagnant le chlore dans la nature, il a paru utile de doser

aussi ce dernier élément et d'établir, dans chaque tissu examiné, le rapport brome-chlore. De plus, l'iode, pouvant gêner le dosage du brome, a été également dosé.

La valeur de la méthode générale, précisée dans tous ses détails par de très nombreuses expériences, est finalement mise en évidence par des essais sur diverses matières organiques, montrant la pureté des réactifs utilisés et la possibilité de retrouver quantitativement les halogènes ajoutés.

Cette technique a été appliquée :

1° A diverses matières organiques, coton, sucre de lait, charbon de bois, où le brome a été décelé et dosé dans tous les cas;

2° Aux organes d'animaux divers : chien, bœuf, pigeon, perdreau, poule. La présence du brome y est constante, sauf dans les cas où les quantités d'organes traités sont trop faibles pour que les proportions de brome présumées puissent être décelées malgré la sensibilité de la méthode.

D'après les analyses très détaillées de nombreux organes de chiens, le rapport de brome au chlore, dans les organes d'un animal donné, peut être regardé, aux erreurs d'expériences près, comme sensiblement constant. Dans les glandes thyroïdes, où existe une très forte proportion d'iode, il n'y a pas eu, chez quatre chiens examinés, d'accumulation parallèle du brome;

3° Aux organes d'hommes et d'animaux morts en général sur le front pendant la guerre et que l'on supposait intoxiqués par les gaz. Le but poursuivi dans ces expertises était d'identifier les gaz utilisés par l'ennemi.

Les animaux ont été : chat, rat, pigeon, perdreau, cheval, âne. Les organes humains provenaient de 370 individus.

Dans tous les cas, le brome a été trouvé. On peut donc considérer que cet élément existe d'une façon certaine dans les tissus d'êtres vivants les plus divers. La teneur moyenne en brome des poumons humains, déterminée d'après 331 cas, exception faite des fortes anomalies, a été trouvée égale à $0^{mg},167$ dans 100^{g} d'organes; cette teneur varie d'ailleurs d'un individu à l'autre, entre des limites assez larges, et une statistique est établie, d'après l'ensemble des résultats, pour montrer quelles proportions des métalloïdes, chlore ou brome, on peut considérer comme normales.

Ce sont ces chiffres qui servent de base, dans les expertises toxicologiques, pour savoir si l'on veut incriminer comme cause de la mort l'introduction dans l'organisme d'une substance toxique bromée ou chlorée.

L'étude dont il s'agit est de beaucoup la plus précise et la plus vaste qui ait été faite jusqu'ici sur la présence du brome chez les animaux. Par la rigueur de la méthode employée, comme par l'intérêt des nombreux résultats analytiques qu'elle fournit, elle réalise un progrès considérable dans la connais-

sance d'une question sur laquelle on n'avait encore que des données fragmentaires, pour la plupart imprécises ou contradictoires.

La Commission est unanime à proposer de décerner le prix Lonchampt à M. **A. Damiens**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX WILDE.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Guignard, Violle, Bigourdan; A. Lacroix, rapporteur.)

M. **Ferdinand Canu** a consacré un long labeur à l'étude des bryozoaires fossiles, à l'étude de leur morphologie, de leur classification, de leur rôle dans la détermination de l'âge des formations géologiques qui les renferment. A cet égard, ses travaux sur les bryozoaires des sédiments pétrolifères méritent une mention spéciale, car en outre de leur intérêt théorique, ils sont susceptibles d'applications pratiques.

Les Mémoires qu'il a publiés ne comprennent pas moins de 276 planches. Ils ont donné à ce spécialiste en paléontologie une autorité mondiale. Les géologues et les services géologiques étrangers font souvent appel à son concours, ainsi qu'en témoigne la publication par des organismes officiels de ses importantes monographies régionales qui ont paru en République Argentine, en Égypte, en Espagne et plus récemment aux États-Unis.

J'ajouterai que M. Canu n'est point un professionnel; pendant de longues années instituteur, puis directeur d'une école publique à Paris, il a exécuté ses travaux scientifiques en surcroît d'occupations professionnelles très absorbantes.

La Commission est unanime à proposer à l'Académie d'attribuer la totalité du prix Wilde à M. **Canu**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. Lemoine, Bertin, A. Lacroix, Appell; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **Louis Éblé**, docteur ès sciences, météorologiste adjoint au Bureau central météorologique, pour ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. Lemoine, Bertin, Emile Picard, Appell, Edmond Perrier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix Thorlet à M. **Adolphe Richard**, répétiteur à l'École centrale des arts et manufactures, qui poursuit l'établissement de l'inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. Lemoine, Bertin, Emile Picard, Appell; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de partager les arrérages de la fondation entre Mmes **Cusco** et **Rück**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE.

Ce prix n'ayant pu être décerné en 1915, 1916 et 1917, par suite de l'interruption des études causée par la guerre à l'École polytechnique, l'Académie le décerne en 1921 :

1° à M. **Pierre-René Ricard**, né à Cannes, Alpes-Maritimes, le

3 avril 1899, sorti de l'École polytechnique en 1921, avec le n° 1, dans la promotion 1918;

2° à M. **Jean-Louis-Joseph-Edmond Berthelot**, né à Boult-sur-Suippes, Var, le 26 août 1897, sorti de l'École polytechnique, en 1921, avec le n° 1, dans la promotion 1919.

Les ressources de la fondation ne permettant plus de donner aux lauréats un exemplaire des œuvres de Laplace, une médaille portant l'inscription de leur nom et de l'attribution du prix leur sera remise.

PRIX L.-E. RIVOT.

Le prix est partagé ainsi qu'il suit entre les huit élèves des promotions 1918, sortie en 1920 et 1921, et 1919, sortie en 1921, de l'École polytechnique, avec les n°s 1 et 2 dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

MM. **Pierre-René Ricard** et **Jean-Louis-Joseph-Edmond Berthelot**, sortis premiers dans le corps des mines, reçoivent chacun *sept cent cinquante francs;*

MM. **Michel-Raymond-Hippolyte-Clovis Duhameaux** et **Pierre-Jules Lion**, sortis seconds dans le corps des mines, reçoivent chacun *cinq cents francs;*

MM. **Jean-Pierre-Paul Chapouthier** et **Jean-Gustave-Marie de Sèze**, sortis premiers dans le corps des ponts et chaussées, reçoivent chacun *sept cent cinquante francs;*

MM. **Jean-Émile Lecoannet** et **Gaston-Albert Oudotte**, sortis seconds dans le corps des ponts et chaussées, reçoivent chacun *cinq cents francs.*

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT.

(Commissaires : MM. Lemoine, Bertin, Émile Picard, A. Lacroix, Appell, Guignard; Paul Janet, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer un prix de 1000^{fr}, sur la fondation Trémont, à M. **Louis-P. Clerc**, préparateur à la Faculté des sciences de

Paris, pour son ouvrage intitulé : *Applications de la photographie aérienne*.

L'ouvrage qui est présenté par M. L.-P. Clerc contient une grande part d'expérience personnelle. L'auteur, en effet, a été affecté, dès le mois de décembre 1914, aux services de photographie aérienne, dès leur création; il a pu ainsi étudier de nombreux problèmes soulevés par la technique et l'utilisation de la photographie aérienne et en vérifier pratiquement les solutions proposées. La réunion de ces études et de l'enseignement que l'auteur a eu à donner au centre d'instruction des observations d'aviation constitue le fond de l'ouvrage présenté à l'Académie.

La première Partie est consacrée à la lecture et à l'interprétation des photographies aériennes et rédigée surtout d'après les instructions officielles.

La deuxième Partie constitue un véritable Traité de la Stéréoscopie de précision : elle a pour conclusion des règles pratiques inédites et utilisées en fait dans l'armée française depuis 1917 et depuis lors dans les armées alliées.

La troisième Partie, ou métrophotographie aérienne, est consacrée aux propriétés métriques des clichés et à leurs interprétations; elle étudie, sous sa forme la plus générale, le problème de la restitution photographique, par exemple la transformation perspective d'une photographie exécutée sur plaque oblique en celle qui eût été exécutée de la même station sur ploque horizontale ou verticale.

L'ouvrage se termine par quelques indications sur les méthodes graphiques de restitution.

Les points plus particulièrement personnels à l'auteur sont les points suivants :

— Évaluation de la hauteur des objets, d'après la longueur de leurs ombres portées;

— Stéréoscopie : déformations de l'objet reconstitué dues aux circonstances de prise de vues;

— Prise des clichés destinés à la stéréoscopie aérienne; règles pratiques et abaques;

— Correction de couples stéréoscopiques par redressement;

— Abaissement de la ligne d'horizon sur les clichés panoramiques;

— Influence de l'obliquité de la plaque;

— Redressement photographique des clichés obliques; généralisation des études antérieures et réalisation d'une liaison cinématique pour la conjugaison de deux plans obliques sur l'axe d'un objectif, relativement à cet objectif, pour une valeur quelconque du grandissement.

L'analyse qui précède donne une idée suffisante du caractère de l'ouvrage : c'est un véritable traité, très approfondi, des multiples questions soulevées par la guerre dans un domaine qui était à peine soupçonné autrefois. La part personnelle de l'auteur y est grande; ce n'est pas là un ouvrage de seconde main; dans le poste où les circonstances l'ont placé, M. L.-P. Clerc a eu à appliquer toutes les méthodes dont il parle et en a éprouvé toutes les difficultés. Un certain nombre de solutions lui sont personnelles. Nous estimons que ce petit ouvrage peut être mis sur un rang très honorable parmi ceux qui peuvent prétendre à un prix de l'Académie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION GEGNER.

(Commissaires : MM. Lemoine, Bertin, Appell, Edmond Perrier, A. Lacroix; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Ernest Lebon**, professeur honoraire de l'Université.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. Lemoine, Bertin, A. Lacroix, Appell; Émile Picard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer le prix à M. **Camille Flammarion**, fondateur et directeur de l'Observatoire de Juvisy, pour l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDS BONAPARTE.

(Commissaires : M. le prince Bonaparte, membre de droit, et MM. Lemoine, Président de l'Académie, Haller, A. Lacroix, Carpentier, Fournier, Kœnigs, Daniel Berthelot; Mangin, rapporteur.)

La Commission a eu à examiner 12 demandes de subvention.
Elle propose à l'Académie d'accorder :

1° 2000^{fr} à M. **Fernand Blanchet**, préparateur de géologie à la Faculté des Sciences de Grenoble, pour ses recherches sur la structure géologique détaillée du massif d'Escreins (Hautes-Alpes).

Cette demande a été appuyée par M. Kilian.

La subvention que nous vous proposons d'accorder permettra à M. F. Blanchet, de réaliser la monographie du massif d'Escreins dans le Briançonnais et de procéder à des levés en vue de dresser une carte au $\frac{1}{20000}$ dans cette région peu connue et d'un grand intérêt pour les naturalistes.

2° 1000^{fr} à la **Fédération française des sociétés de sciences naturelles**, pour contribuer à la publication de la faune de France, commencée grâce aux subventions dejà accordées par l'Académie.

L'œuvre entreprise par la Fédération française des Sociétés de sciences naturelles n'a pas besoin d'être défendue, les Ouvrages déjà parus justifient l'intérêt d'une publication destinée à combler les grandes lacunes de l'inventaire des ressources zoologiques de la France.

Votre Commission a éliminé les autres demandes pour des raisons diverses : les unes ne rentraient pas dans le cadre des travaux que vous voulez encourager, les autres avaient obtenu satisfaction par des ressources puisées à d'autres fonds, enfin quelques-unes ont été résolument écartées, parce que leurs auteurs n'avaient pas accompli la formalité à laquelle vous attachez, avec raison, un grand prix : l'envoi d'un rapport sur les résultats obtenus avec les précédentes subventions.

En résumé, la Commission propose l'emploi suivant des sommes mises à la disposition de l'Académie par un de ses membres le Prince Bonaparte :

	fr
1° M. Blanchet................................	2000
2° Fédération française des Sociétés de sciences naturelles.	10000
Total..	12000

A la suite de la distribution de 1920, il est resté en réserve une somme de 24000^{fr}.

Si les propositions de la Commission sont acceptées, il restera un reliquat de 12000^{fr} dont une partie sera employée à la publication d'un fascicule du *Recueil du fonds Bonaparte* et dont le reste sera reporté aux années suivantes.

L'Académie adopte les propositions de la Commission et M. le Président, se faisant l'interprète de tous ses confrères, adresse de nouveaux et bien vifs

remerciments au Prince Bonaparte pour l'appui si efficace qu'il apporte à la science française.

FONDATION LOUTREUIL.

(Membres du Conseil : MM. Lemoine, Émile Picard, Jordan, Le Chatelier, le Prince Bonaparte; A. Lacroix, rapporteur.)

Avant de communiquer à l'Académie les décisions du Conseil de la Fondation Loutreuil, il me paraît opportun de présenter quelques considérations d'ordre général :

1° Dans un Rapport précédent, j'ai signalé le souhait exprimé par le Conseil de voir se multiplier de préférence les demandes de subvention pour des recherches entreprises suivant un plan bien déterminé, et j'ai fait remarquer, en outre, quelle faible place occupaient de telles demandes dans les dossiers étudiés précédemment.

On peut constater cette année un léger progrès dans cette direction; nous eussions voulu le voir plus accentué.

2° Dans les dispositions qu'il a prises pour encourager la recherche scientifique, M. Loutreuil a fait trois parts dans ses libéralités, l'une destinée à la Caisse des recherches scientifiques, l'autre aux travailleurs des Universités françaises, l'Université de Paris étant le centre de la distribution; la troisième, enfin, destinée aux travailleurs des Établissements distincts des Universités; c'est l'Académie qui a été chargée de présider à la distribution de cette dernière partie des legs de M. Loutreuil; afin de bien préciser sa pensée, celui-ci a désigné nommément quelques-uns de ces Établissements dont les représentants constituent la plus grande partie du Comité consultatif de la Fondation.

Toutes les demandes formulées par les ressortissants à ces Établissements doivent passer par l'intermédiaire de ceux-ci et être accompagnées d'une délibération du Conseil desdits Établissements. Cette disposition est une garantie précieuse, à laquelle tient expressément le Comité consultatif; or, depuis quelques années, il arrive que des savants faisant partie de ces Établissements adressent directement leurs demandes à la Fondation Loutreuil en éludant la condition réglementaire. Ce ne peut plus être par ignorance, les règlements de la Fondation étant aujourd'hui bien connus et publiés chaque année. Sans vouloir insister sur les causes de cette manière de faire, le Comité consultatif a décidé que toute demande irrégu-

lière de ce genre serait retournée à son auteur avec invitation à se mettre en règle.

3° Chaque bénéficiaire d'une subvention de la Fondation Loutreuil reçoit en même temps que la notification de l'allocation qui lui est attribuée une copie du règlement d'après lequel il doit, à la fin de l'année dans laquelle la subvention a été versée, fournir un premier rapport sommaire sur l'emploi de celle-ci et, à la fin de la seconde année, un rapport scientifique de deux pages destiné à être publié.

J'ai le regret de constater que, malgré cet avis, beaucoup de bénéficiaires semblent se considérer comme quittes vis-à-vis de la Fondation, lorsqu'ils ont touché la subvention qui leur a été accordée. Il s'agit là d'une obligation stricte qui sera rappelée aux retardataires. Le Conseil a décidé de publier dans un bref délai les rapports sur les résultats scientifiques obtenus jusqu'ici.

I. — *Subventions accordées à la demande d'établissements désignés par le fondateur.*

1° *Muséum national d'Histoire naturelle.* — 6000fr à M. **Paul Lemoine**, professeur au Muséum national d'Histoire naturelle, pour des recherches géologiques sur le bassin de Paris.

Le bassin de Paris a joué un rôle considérable dans l'évolution des études stratigraphiques en France. De nombreux savants, étrangers ou nationaux, viennent à Paris pour étudier la très riche faune paléontologique de la région parisienne. Il est à souhaiter qu'une collection des fossiles de toutes les localités classiques en soit, au Muséum d'Histoire naturelle, à la disposition des travailleurs.

Le premier soin de M. Paul Lemoine, en prenant possession de la chaire de Géologie au Muséum, a été de chercher à coordonner tous les documents qui y ont été recueillis sur ce sujet depuis 130 ans, en s'entourant de spécialistes autorisés afin de mettre leur détermination au courant de la science moderne. Il ressort d'un premier examen que certains de ces documents sont fort insuffisants. Pour les compléter, des fouilles méthodiques sur le terrain devront être faites dans nombre de gisements dont beaucoup devront être tout d'abord retrouvés.

La subvention est destinée à effectuer ces fouilles et il n'est pas douteux que la révision paléontologique qui les suivra ne soit une source de résultats scientifiques intéressants.

2° 2000^{fr} à M. **Ferdinand Le Cerf**, préparateur au Muséum national d'Histoire naturelle, pour l'aider à poursuivre ses recherches sur les *Ægeriidæ*, par l'étude des collections d'Angleterre.

M. Le Cerf poursuit des recherches sur la famille des papillons mimétiques de la famille des *Ægeriidæ*, plus connus sous le nom de *Sésies*. Pour les mener à bien, il a besoin de faire un assez long séjour à Oxford, à Cambridge et à Londres. Il trouvera dans cette dernière ville l'hospitalité de la Maison de l'Institut, mais des ressources lui sont nécessaires pour pouvoir poursuivre son travail sans hâte. Les résultats qu'il a obtenus lors d'un premier voyage sont garants du bon emploi qu'il fera de la subvention accordée.

3° *École nationale vétérinaire de Lyon.* — 2000^{fr} à cet établissement pour compléter la subvention accordée en 1918 pour l'achat et l'installation d'un cinématographe destiné à l'enseignement.

Une subvention antérieure ayant été insuffisante pour l'achat d'un cinématographe de démonstration, une nouvelle allocation de 2000^{fr} est accordée à cette école pour lui permettre de compléter son outillage. Il s'agit là, par conséquent, d'un crédit accordé pour l'enseignement. Il n'en est pas de même pour les deux subventions suivantes.

2000^{fr} à M. **François Maignon**, professeur de cet établissement, pour ses recherches sur l'opothérapie et l'avitaminose.

A l'aide d'une subvention accordée l'an dernier, M. Maignon a entrepris d'intéressantes recherches sur l'opothérapie et l'avitaminose. Il a montré en particulier, à l'aide d'expérimentations sur les pigeons, que l'évolution des accidents d'avitaminose, au lieu d'être toujours progressive, comme on avait tendance à le croire, peut être régressive, c'est-à-dire que les animaux semblent pouvoir, dans une certaine mesure, s'habituer à la privation de vitamines. L'âge paraît exercer une influence sur cette accoutumance.

D'autre part, chez les pigeons soumis à un régime dévitaminé, les injections d'extrait hépatique ont retardé de plusieurs semaines l'apparition des troubles digestifs, de la perte de poids ainsi que des troubles trophiques cutanés. Il semble donc que le foie joue un rôle dans la nutrition des téguments.

Cette dernière conclusion a conduit M. Maignon à essayer le traitement de l'eczéma par des injections d'extraits hépatiques. Des expériences faites d'abord sur des chiens ont donné des résultats encourageants. Des expériences sur l'homme sont en cours d'exécution.

Ce court exposé indique l'intérêt de recherches que la subvention accordée permettra de développer.

1500^{fr} à M. **Armand Porcherel**, chef de travaux à l'École nationale vétérinaire de Lyon, pour ses études sur les mulets au point de vue de la répartition des caractères paternels et maternels.

M. Porcherel s'est donné pour tâche d'étudier la répartition des caractères paternels et maternels chez les mulets. Il a publié des mensurations de mulets de provenance française et américaine. Elles lui ont permis de montrer que ces hybrides, tout en ayant une grande ressemblance avec l'âne, participe à des degrés inégaux des caractères de ses ascendants, il a plus souvent des caractères caballins qu'asiniens.

Le but de ses recherches actuelles serait d'aller étudier dans le Poitou, l'un des principaux centres de la production mulassière en France, les caractères des ascendants des mulets dont l'étude serait en outre poussée plus loin.

3° *École nationale vétérinaire de Toulouse.* — 3000^{fr} à MM. **Jean Sendrail** et **André Martin**, professeurs à cet établissement, et **Robert Lasserre**, chef de travaux, pour leurs recherches sur divers parasites de la région toulousaine et les maladies qu'ils provoquent.

Les recherches de ces trois savants vétérinaires concernent les parasites du chien dans la région toulousaine et les maladies qu'ils déterminent. Elles porteront notamment sur l'évolution actuellement inconnue de l'*Hœmostrongylus vasorum*, nématode parasite du cœur du chien et sur la strongylose cardio-pulmonaire, maladie grave qu'il entraîne chez cet animal.

Les auteurs se proposent en outre d'étudier d'autres maladies, ciroplasmose, ascite parasitaire, dithyridiose, etc.

Les fonds demandés sont destinés à l'achat et à l'entretien d'animaux d'expérience, à la recherche des hôtes éventuels des parasites, etc.

1500^{fr} à M. **Charles Hervieux**, professeur à l'École nationale vétérinaire de Toulouse, pour ses études sur la transformation de la chlorophylle chez les animaux.

La subvention accordée permettra à M. Hervieux de reprendre des travaux commencés avant la guerre et relatifs à la transformation de la chlorophylle chez les animaux et à ses relations éventuelles avec la matière colorante du sang. L'auteur se propose de rechercher s'il n'existerait pas quelque relation entre la chlorophylle et les produits indoxyliques excrétés en grande abondance par le cheval.

II. — *Subvention accordée à la demande d'établissements convoqués au Comité consultatif de la* **Fondation** *par le Président de l'Académie.*

Conservatoire national des Arts et Métiers. — 3000fr à M. **Léon Guillet**, professeur à cet établissement, pour une installation destinée à l'étude du magnétisme et à l'examen des cassures des métaux.

Les appareils que M. Guillet désire acheter pour l'étude du magnétisme des métaux (fluxomètre, perméamètre, hystérésigraphe) et pour l'examen des cassures de ceux-ci (microscope binoculaire) sont essentiellement destinés à l'enseignement très suivi de ce professeur. Il est à souhaiter qu'entre les mains de cet habile observateur, ils servent aussi à des recherches originales.

III. — *Subventions accordées sur demandes directes.*

6000fr à M. **Louis Bazy**, chirurgien des hôpitaux de Paris, pour ses recherches sur l'application à la chirurgie des données acquises en bactériologie générale. (Cette demande était appuyée par M. le Dr Roux.)

M. le Dr Louis Bazy a réalisé des tentatives heureuses d'immunisation active antitétanique chez l'homme, des recherches sur la vaccination, la bactériothérapie, le choc traumatique tardif, etc. Ses travaux ont une importance d'ordre général; entrepris de concert avec le laboratoire de recherches du Ministère de l'Agriculture, ils contribueront aux progrès de la pathologie comparée.

Cette subvention servira au Dr Bazy à compléter son instrumentation, jusqu'ici rudimentaire.

2000fr à M. **Louis Bedel**, secrétaire honoraire de la Société entomologique de France, pour l'étude de la faune des régions limitrophes au bassin de la Seine. (Cette demande était appuyée par M. Bouvier.)

M. Bedel s'est fait un nom parmi les entomologistes. L'Académie a couronné ses travaux.

Il a entrepris la publication d'un important Ouvrage sur la faune des coléoptères du bassin de la Seine. De nombreux déplacements sont nécessaires pour lui permettre de compléter la documentation du cinquième volume de son œuvre. La subvention accordée lui permettra de hâter l'achèvement de celle-ci. Il est bon de noter que M. Bedel est un travailleur

libre, consacrant tout son temps et toute sa fortune à l'étude désintéressée des sciences naturelles.

5000[fr] à la **Société des Amis du Laboratoire des essais mécaniques et métallurgiques de Grenoble**, pour contribuer à l'organisation d'un laboratoire.

Des industriels de la région dauphinoise ont fondé à Grenoble la Société des Amis du Laboratoire des essais mécaniques et métallurgiques. Cette Société a réuni les premiers fonds nécessaires à un établissement dont le programme comporte, en outre d'un but pratique, l'étude scientifique de questions susceptibles de pouvoir intéresser plus ou moins directement l'industrie. Des travaux ont été déjà réalisés sur la trempe, le ferromagnétisme, la dissolution des gaz dans les aciers. Quelques-uns des résultats obtenus ont été communiqués à l'Académie.

En accordant une subvention à ce laboratoire, le Conseil de la Fondation entend manifester sa sympathie pour les tentatives de ce genre faites dans le monde industriel.

3000[fr] au **Journal des Observateurs.**

Le *Journal des Observateurs* a été subventionné plusieurs fois déjà par la Fondation Loutreuil. Publié par l'Observatoire de Marseille, il contient la plupart des observations faites en France et quelques-unes de celles des pays alliés. Il est utile de soutenir cette entreprise française.

M. Henry Bourget l'a dirigé avec une grande activité; il y a tout lieu de penser que la mort si regrettable de cet astronome distingué n'entravera pas sa publication.

2500[fr] à M. le D[r] **Jean Charcot**, directeur du Laboratoire de recherches maritimes de l'École pratique des Hautes Études, pour l'achat d'instruments à placer sur les navires de la marine en vue de recherches océanographiques.

Il serait souhaitable que la Marine nationale s'intéressât davantage à l'Océanographie. Son personnel, à la fois instruit et dévoué, pourrait contribuer très efficacement à des recherches scientifiques et aussi à l'enrichissement des collections nationales d'histoire naturelle. Mais la Marine ne possède pas les instruments spéciaux indispensables; elle n'a pas de crédits pour les acquérir ou tout au moins il faut faire la démonstration des services qu'ils peuvent rendre.

C'est dans le but d'aider à cette démonstration qu'une somme de 2500[fr]

est attribuée à M. le Dr Charcot, attaché au Ministère de la Marine, pour collaborer aux recherches scientifiques et en particulier organiser des missions océanographiques. Elle servira à acheter des instruments qui, centralisés tout d'abord au Laboratoire de recherches maritimes des Hautes Études, constitué par le *Pourquoi Pas?*, seront ensuite répartis, avec des instructions appropriées, entre quelques bâtiments de la Marine nationale dont les officiers voudront bien se charger d'effectuer des recherches. Les résultats seront ensuite transmis aux laboratoires compétents.

5000fr à M. **Henri Deslandres**, membre de l'Académie, directeur de l'Observatoire de Meudon, pour ses études de l'ionisation de l'air.

M. Deslandres se propose de poursuivre l'étude de l'ionisation de l'air en vase clos, à la surface du sol et à de grandes altitudes. Une telle étude est d'un haut intérêt car elle peut conduire à la découverte de radiations très pénétrantes émanées des profondeurs de la Terre ou d'origine cosmique.

Le Conseil de la Fondation tient à montrer l'intérêt qu'il porte aux travaux de M. Deslandres en lui attribuant une subvention de 5000fr.

6000fr à l'**École supérieure d'Aéronautique et de Construction mécanique**, pour l'achat d'un appareil Le Chatelier, destiné à l'étude micrographique des métaux.

L'École supérieure d'Aéronautique et de Construction mécanique a déjà reçu il y a trois ans une subvention, mais pour que des recherches sérieuses puissent être exécutées dans son laboratoire sur les métaux employés en aviation, son outillage doit être complété.

La subvention accordée lui permettra de l'équiper pour l'étude métallographique.

10000fr à la **Fédération française des Sociétés des sciences naturelles**, pour la publication de la *Faune de France*.

La Fondation Loutreuil s'est intéressée déjà à la publication de la *Faune française* entreprise par la Fédération des sciences naturelles. Deux volumes, ceux consacrés aux Échinodernes et aux Oiseaux, ont paru. Plusieurs autres, entrepris par des spécialistes autorisés, sont sur le chantier.

Une somme importante est nécessaire pour mettre en train une œuvre semblable qui pourra plus tard se suffire à elle-même dès que le nombre des volumes publiés sera assez grand.

Ce sera un honneur pour la Fondation Loutreuil d'avoir contribué à

rendre possible la publication de cette collection d'ouvrages intéressants, à la fois au point de vue scientifique et au point de vue national.

8000^{fr} à l'**Institut agricole de Beauvais**, pour développer les expériences agricoles.

L'Institut agricole de Beauvais est un établissement libre, fonctionnant sous le patronage de la Société des Agriculteurs de France. Au cours des 67 ans de son existence, il a formé un grand nombre d'agriculteurs attachés à la culture. Les ouvrages publiés par plusieurs de ses professeurs font autorité dans le monde agricole; des recherches originales y ont été aussi instituées et nul n'ignore la pomme de terre, dite « de l'Institut de Beauvais ».

L'Institut agricole a beaucoup souffert de la guerre; une subvention lui est accordée pour lui permettre en particulier de développer les recherches expérimentales.

4000^{fr} à l'**Institut industriel du nord de la France**, pour perfectionner l'outillage scientifique de cet établissement.

L'Institut industriel du nord de la France est une école d'enseignement technique supérieur, subventionnée par le département du Nord et par la ville de Lille. S'il est essentiellement consacré à l'enseignement pratique, les recherches originales n'en sont pas exclues; on peut, en effet, rappeler les nouveaux procédés de forgeage qui y ont été exécutés et qui ont valu au professeur Codron le prix Plumey. La subvention accordée aidera à l'acquisition de quelques appareils destinés à remplacer ceux qui ont été pillés au cours de l'occupation de Lille.

Cette demande de subvention était appuyée par notre confrère, M. Boussinesq, qui connaît bien l'Institut industriel du nord de la France où, pendant 12 ans, il a professé l'analyse.

3000^{fr} à M. **Armand Lambert**, astronome adjoint à l'Observatoire de Paris, pour la révision des calculs du Catalogue d'étoiles fondamentales.

La demande de M. Lambert est d'un grand intérêt pour l'Astronomie. Il s'agit de la valeur de la constante de la réfraction à Paris. De l'examen du Catalogue d'étoiles fondamentales entrepris à l'Observatoire de Paris, il semble résulter l'existence de discordances systématiques tenant en grande partie à l'emploi d'une constante de la réfraction qui ne convient pas aux circonstances de l'Observatoire.

M. Lambert se propose de déduire du Catalogue fondamental d'étoiles qu'il a élaboré depuis dix ans la constante de la réfraction pour Paris. Ce

travail nécessitera la collaboration d'un calculateur que la subvention accordée lui permettra de rétribuer.

10000^{fr} à l'**Observatoire de Ksara** pour contribuer à l'achèvement de la remise en état de l'Observatoire.

L'Académie est déjà venue une fois en aide depuis la guerre à l'Observatoire de Ksara. Ses ruines ne sont qu'imparfaitement relevées. En dehors des recherches astronomiques, Ksara est le centre météorologique de la Syrie; actuellement il participe aux travaux géodésiques effectués par le Service géodésique de l'Armée.

A tous égards, il y a grand intérêt pour notre pays à ce que cet Observatoire reprenne le plus vite possible son fonctionnement normal. Cette nouvelle subvention y aidera d'une façon efficace.

5000^{fr} à la **Société de Géographie**, pour la publication de diverses cartes.

Sur la demande de son président, notre confrère le prince Bonaparte, cette subvention est accordée à la Société de Géographie pour l'aider à publier des cartes originales (Kerguelen, etc.), que le haut prix des impressions risquerait de laisser trop longtemps inédites.

15000^{fr} à l'**Académie des Sciences**, pour l'impression du Catalogue de l'inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris.

Une subvention, accordée l'an dernier, a servi à payer les travaux d'achèvement et de révision du manuscrit du Catalogue des périodiques scientifiques entrepris par l'Académie.

Ce nouveau crédit va permettre d'entreprendre l'impression de cette œuvre de longue haleine qui rendra des services signalés à tous les travailleurs, quelle que soit la catégorie à laquelle ils appartiennent.

Les subventions accordées s'élèvent à la somme de 105500^{fr}. Nous en donnons la récapitulation dans le Tableau suivant :

1° *Subventions accordées à la demande des établissements désignés par le donateur :*

Muséum national d'Histoire naturelle : M. Paul Lemoine.	6000 fr
— M. Ferdinand Le Cerf	2000
École nationale vétérinaire de Lyon	2000
— M. François Maignon	2000
— M. Armand Porcherel	1500
École nationale vétérinaire de Toulouse : MM. Jean Sendrail, André Martin et Robert Lasserre	3000
— M. Charles Hervieu	1500

2° *Subventions accordées à la demande d'établissements convoqués au Comité consultatif de la Fondation par le Président de l'Académie :*

Conservatoire national des Arts et Métiers : M. Léon Guillet	3000

3° *Subventions accordées à des demandes directes :*

M. Louis Bazy	6000
M. Louis Bedel	2000
Société des Amis du Laboratoire des essais mécaniques et métallurgiques de Grenoble	5000
Journal des Observateurs	3000
M. le Dr Jean Charcot	2500
M. Henri Deslandres	5000
École supérieure d'Aéronautique et de Construction mécanique	6000
Fédération française des Sociétés des sciences naturelles..	10000
Institut agricole de Beauvais	8000
Institut industriel du nord de la France	4000
M. Armand Lambert	3000
Observatoire de Ksara	10000
Société de Géographie	5000
Académie des Sciences	15000
Total	105500

FONDS CHARLES BOUCHARD.

(Commissaires : MM. Guignard, Roux, Laveran, Henneguy, Mangin, Branly, Charles Richet, Bazy; d'Arsonval, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer l'annuité à M. **Maxime Ménard**, électro-radiologiste de l'hôpital Cochin, en récompense de ses travaux de radiographie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

CONDITIONS GÉNÉRALES DES CONCOURS.

Les pièces manuscrites ou imprimées, destinées aux divers concours de l'Académie des sciences, doivent être adressées à MM. les Secrétaires perpétuels de l'Académie des sciences, quai Conti, n° 23, à Paris, avec une lettre constatant l'envoi et indiquant le concours pour lequel elles sont présentées.

Les ouvrages imprimés doivent être envoyés au nombre de *trois exemplaires*.

Les manuscrits doivent être écrits en français.

Par une mesure générale, l'Académie a décidé que la clôture de tous les concours aura lieu le 31 décembre de l'année qui précède celle où le concours doit être jugé.

Les concurrents doivent indiquer, par une analyse succincte, la partie de leur travail où se trouve exprimée la découverte sur laquelle ils appellent le jugement de l'Académie.

Les concurrents sont prévenus que l'Académie ne rendra aucun des ouvrages ou mémoires envoyés aux concours; les auteurs auront la liberté d'en faire prendre des copies au secrétariat.

Le même ouvrage ne pourra pas être présenté, la même année, aux concours de deux académies de l'Institut de France.

L'Académie se réserve d'examiner, sans aucune condition de candidature, les titres des savants qui pourraient mériter les prix.

Le montant des sommes annoncées pour les prix n'est donné qu'à titre d'indication, subordonnée aux variations du revenu des fondations.

Nul n'est autorisé à prendre le titre de LAURÉAT DE L'ACADÉMIE, s'il n'a été jugé digne de recevoir un PRIX. Les personnes qui ont obtenu des *récompenses*, des *encouragements*, des *mentions* ou des *subventions* n'ont pas droit à ce titre.

Nota. — L'Académie a supprimé, depuis l'année 1902, la formalité qui rendait *obligatoire* l'anonymat pour certains concours, avec dépôt d'un pli cacheté contenant le nom de l'auteur. Cette formalité est devenue *facultative*.

LECTURES.

M. **Émile Picard**, Secrétaire perpétuel, lit une Notice historique sur *Pierre Duhem*.

A. Lx et E. P.

TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1921.

MATHÉMATIQUES.

MÉCANIQUE.

ASTRONOMIE.

GÉOGRAPHIE.

NAVIGATION.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

BOTANIQUE.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PHYSIOLOGIE.

STATISTIQUE.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

MÉDAILLES.

PRIX GÉNÉRAUX.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

ERRATA.

(Séance du 21 novembre 1921.)

Note de M. *G. Denizot*, Sur la pénéplaine supérieure du bassin de Paris et sur les aplanissements primordiaux de la périphérie :

Page 989, ligne 16, *au lieu de* dans, *lire* sous.

(Séance du 5 décembre 1921.)

Note de M. *E. Carvallo*, L'électromagnétisme et le principe de relativité :

Page 1155, dernière ligne, *au lieu de*

$$\frac{d}{dx}\gamma - \frac{d}{dz}\beta = -4\pi u,$$

lire

$$\frac{d}{dy}\gamma - \frac{d}{dz}\beta = +4\pi u.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 DÉCEMBRE 1921.

PRÉSIDENCE DE M. Georges LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret, en date du 8 décembre 1921, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Félix Mesnil** pour occuper, dans la Section d'Anatomie et Zoologie, la place vacante par le décès de M. *Edmond Perrier*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Félix Mesnil** prend place parmi ses confrères.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de Noël, la prochaine séance aura lieu le mardi 27 décembre au lieu du lundi 26.

M. **le Président** s'exprime en ces termes :

M. **Henry Parenty** vient de mourir à Paris, le 16 décembre 1921; il était Correspondant de notre Section de Mécanique depuis le 2 février 1914.

Né à Arras, le 8 avril 1851, il était entré à l'École Polytechnique en 1870 et en était sorti dans le Corps des ingénieurs des Manufactures de l'État. Il parvint au grade de directeur et dans la dernière partie de sa carrière, il fut à la tête de l'importante fabrique de tabacs de Lille. Il prit sa retraite en 1918, après avoir fait partie de la phalange de savants français qui, par la fermeté de leur attitude, ont dignement soutenu l'honneur français en face des envahisseurs.

Nos grands services publics fournissent d'excellents sujets d'études aux ingénieurs qui sont chargés d'en assurer le fonctionnement et qui subissent l'attrait de la recherche scientifique. C'est ce qui arriva pour M. Parenty. Son œuvre scientifique est considérable.

Il a consacré de longues années d'études à la recherche des moyens industriels propres à mesurer le débit des fluides par l'évaluation des pressions extrêmes.

Ses recherches ont d'abord porté sur les gaz et sur la vapeur d'eau. La discussion des expériences de Hirn et celle de très nombreuses expériences personnelles l'ont amené à représenter le débit d'un gaz parfait, dès que la perte de charge est importante, par l'ordonnée d'un quadrant d'ellipse dont la différence de charge est l'abscisse : ce quadrant qui, pour certaines valeurs des constantes, devient un quart de cercle est prolongé à partir du sommet culminant par la tangente en ce point, de sorte que le débit est constant lorsque la pression d'aval est moindre qu'une fraction déterminée de la pression d'amont; ce résultat est conforme à la théorie d'Hugoniot et M. Boussinesq a montré qu'il est conforme à l'ensemble des théories admises.

Le jet défini par la formule ainsi établie est une nappe évidée; son axe est formé par une succession de particules, présentant des ventres et des nœuds qui rappellent les cyclones et anticyclones de l'atmosphère. M. Parenty les a déterminés par une série de sondages au moyen de pipettes communiquant à des tubes très fins et M. Emden les a rendus visibles par la photographie.

Ces recherches théoriques sont connexes d'applications industrielles, pour lesquelles M. Parenty a inventé divers appareils :

Compteur de vapeur (1886), qui permet à un chef d'usine de se rendre compte de la dépense d'eau d'une chaudière. Ce compteur repose sur la mesure de la perte de charge subie par la vapeur à travers un orifice convergent, perte de charge mesurée par un manomètre comparativement avec la pression totale.

Jaugeurs automatiques de l'eau s'écoulant dans les rivières et les canaux découverts : de là les régulateurs et partiteurs pour les irrigations agricoles; une application importante en a été faite en Egypte, à Pord-Saïd, pour le débit des filtres d'assainissement des eaux du Nil; une application semblable fonctionne en France pour les eaux d'égout.

Compteurs pour le gaz d'éclairage, s'appliquant à de très faibles pressions.

Tous ces travaux et ces inventions s'enchaînent les uns avec les autres et forment un ensemble complet.

Mais l'esprit très ingénieux et sans cesse épris d'idées nouvelles, qu'était M. Parenty, l'ont amené en différentes circonstances à s'occuper de questions très différentes.

On lui doit une machine à fumer les cigares, permettant d'apprécier leur combustibilité.

Il est l'auteur d'un procédé d'extraction industrielle de la nicotine contenue dans le tabac.

Il s'est occupé de la concentration par le froid des extraits végétaux liquides.

Il a montré comment on pouvait par un cliché photographique fondé sur l'emploi des rayons X reconstituer certains détails invisibles de tableaux anciens.

Il est l'auteur d'un livre qui intéresse à la fois les physiciens et les philosophes intitulé : *Les tourbillons de Descartes et la science moderne.*

Depuis sa retraite comme ingénieur des manufactures de l'État, M. Parenty était venu habiter Paris et il assistait régulièrement à toutes nos séances. Il ne laisse que des regrets à tous ceux qui l'ont connu.

En offrant à l'Académie le premier Volume d'un Ouvrage intitulé *Minéralogie de Madagascar* (1), M. **A. Lacroix** s'exprime en ces termes :

Bien souvent, j'ai eu l'occasion d'appeler l'attention de l'Académie sur mes recherches concernant la Minéralogie de Madagascar. Des circonstances favorables m'ont permis d'être le premier à décrire à peu près tous les minéraux et toutes les roches actuellement connus dans la Grande Ile. En outre de ces documents précieux, j'ai concentré dans mon laboratoire du Muséum des milliers d'échantillons d'un intérêt individuel souvent minime, mais dont la réunion constitue un ensemble d'nne grande importance. Il m'a paru nécessaire de ne pas laisser perdre cette *poussière d'observations*, que je dois à des administrateurs, à des officiers, à des voyageurs, à des prospecteurs de bonne volonté. Leur étude, jointe à celle des matériaux principaux et coordonnée grâce à des recherches personnelles sur le terrain,

(1) *Minéralogie de Madagascar.* Tome I : *Géologie. Minéralogie descriptive.* 1 vol. in-4°. (I-XVI + 1-624 pages + 27 planches hors texte et une carte physique + 504 esquisses géologiques et figures géométriques). Paris, Augustin Challamel, éditeur.

m'ont amené à écrire le Livre dont j'offre aujourd'hui le premier Volume à l'Académie.

L'établissement de la constitution minéralogique et lithologique d'un pays aussi vaste que Madagascar dépasse les forces d'un seul homme, surtout lorsque celui-ci doit travailler sur des matériaux principalement recueillis par d'autres que par lui-même, surtout aussi quand ce pays se trouve sous les tropiques et que son sol latéritisé, en partie couvert par la brousse ou la forêt, n'est véritablement exploré à ce point de vue que depuis un quart de siècle. Aussi bien n'ai-je eu à aucun moment la prétention de faire une œuvre définitive; mon dessein a été d'établir une base, aussi solide que possible, qui puisse servir de point de départ à des recherches méthodiques ultérieures. Je me considérerais comme récompensé de mon labeur de 25 ans si ma publication devait clôturer la période héroïque de l'étude minéralogique de la Colonie, celle de l'abandon de cette étude à l'initiative privée.

Ce Livre est divisé en deux Volumes, composés de quatre parties d'importance inégale : les deux premières constituent le Tome I.

La *Première Partie* comprend une esquisse géographique, fort brève, puis un exposé dans lequel j'ai cherché à mettre en relief les trois entités géologiques caractérisant la géologie de Madagascar : les *schistes cristallins* et les *roches éruptives anciennes* qui constituent les trois quarts de la Colonie, qui en sont en quelque sorte l'ossature; les *sédiments* qui flanquent le Massif cristallin vers l'Ouest; enfin, les nombreux *centres volcaniques*, dispersés aussi bien parmi les sédiments que sur le môle ancien.

En raison des conditions exposées plus haut, il ne saurait être question de détails, de stratigraphie ni *a fortiori* de tectonique. J'ai dû me contenter d'une sorte d'énumération raisonnée qui permettra aux travailleurs de l'avenir de savoir dans quelle direction ils devront orienter leurs recherches. Mon but principal étant d'ailleurs d'ordre minéralogique, j'ai voulu surtout, dans cette première Partie, situer dans leur milieu, avec la précision compatible avec les données recueillies, les innombrables localités d'où proviennent les minéraux et les roches dont l'étude constitue la portion essentielle de mon œuvre. La *carte géologique* qui accompagnera le Tome II synthétise les résultats acquis.

La *Deuxième Partie*, plus ample que la précédente, est réservée à l'étude des minéraux considérés en eux-mêmes. J'ai suivi un plan analogue à celui qui fait l'originalité de ma *Minéralogie de la France et de ses colonies*. Pour chaque espèce, j'ai établi toutes les conditions géologiques dans

lesquelles elle a été rencontrée à Madagascar, puis j'ai donné pour chacune de ces conditions des exemples caractéristiques, en précisant les particularités cristallographiques, chimiques ou autres, qui sont l'apanage de l'espèce considérée dans ses divers types de gisement. Près de 500 figures d'interprétation géométrique accompagnent le texte, alors que des photographies représentant les cristaux eux-mêmes sont données dans 27 planches hors texte. J'ai voulu réaliser ainsi une démonstration nouvelle de la façon dont je comprends l'histoire naturelle des minéraux, et qui consiste, tout en ne négligeant la connaissance d'aucune de leurs propriétés physiques ou chimiques, à mettre en évidence le rôle qu'ils jouent dans la nature.

La minéralogie de Madagascar, telle qu'elle résulte des observations actuelles, présente un cachet très spécial, c'est essentiellement une minéralogie de silicates, d'oxydes et de niobates. Il n'y existe que peu de métaux natifs en dehors de l'or, extrêmement peu de sulfures et, par suite, un très petit nombre de minéraux oxydés, carbonatés, sulfatés, phosphatés, arséniatés, etc. qui, généralement, se forment à leurs dépens. Parmi les silicates, l'intérêt se concentre sur ceux des roches métamorphiques et surtout sur ceux des pegmatites, parmi lesquels abondent les minéraux à terres rares. Plus d'une espèce nouvelle a été découverte parmi eux.

Le second Volume, consacré à la *Minéralogie appliquée* et à la *Lithologie*, est en cours d'impression et paraîtra dans quelques mois.

Ce Livre étant essentiellement un Ouvrage de références, il était indispensable que toutes les indications géographiques pussent être contrôlées et la position des localités citées facilement retrouvées. Un tel résultat ne saurait être obtenu sans de grandes difficultés.

La toponymie malgache présente en effet cette particularité, que presque tous les noms de lieux ont une signification. Comme les idées ou les choses qu'ils représentent sont généralement simples, il en résulte que les mêmes termes reviennent souvent; c'est par dizaines ou par centaines que l'on compte dans l'île les *Ambatomainty* [à la pierre noire], les *Ranomafana* [là où il y a de l'eau chaude], les *Sabotsy* [là où il y a un marché le samedi], etc. Aussi la plupart des indications toponymiques doivent-elles être complétées par l'indication de points de repère suffisants. Une autre conséquence de cette particularité est que les moindres fautes orthographiques sautent aux yeux de quiconque connaît la langue malgache et j'ai tenu à ne pas faire souffrir ceux-ci, comme ils souffrent en lisant la plupart des Ouvrages concernant la Grande Ile et qui sont imprimés loin d'elle.

Pour arriver à mon but, j'ai eu recours à l'érudition et à l'obligeance de malgachisants de marque : MM. Alfred et Guillaume Grandidier, le gou-

verneur Jullien, mais j'ai trouvé surtout un concours, aussi compétent que dévoué, en la personne de M. Dandouau, ancien secrétaire de l'Académie malgache, qui a bien voulu revoir avec moi mon texte aux points de vue linguistique et géographique. L'orthographe de chaque nom a été discutée, puis sa position géographique repérée, dans la mesure du possible, sur les diverses cartes de la Colonie. Un index géographique a été établi, dans quoi le lecteur trouvera (Tome II) plusieurs milliers de noms ou d'expressions géographiques, il constitue un véritable dictionnaire de géographie géologique et minéralogique malgache. Par toutes ces précautions, j'espère avoir réduit au minimum les erreurs qui, d'ailleurs, ne sauraient être évitées complètement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La théorie du jeu et les équations intégrales à noyau symétrique*. Note de M. **Émile Borel**.

Considérons un jeu où le gain dépend à la fois du hasard et de l'habileté des joueurs et bornons-nous au cas de deux joueurs A et B et d'un jeu symétrique, de sorte que si A et B adoptent la même méthode de jeu, leurs chances sont égales. On peut se proposer de rechercher s'il est possible de déterminer une méthode de jeu meilleure que les autres, c'est-à-dire qui donne au joueur qui l'adopte une supériorité sur tout joueur qui ne l'adopte pas. Précisons d'abord ce que nous devons entendre par une méthode de jeu : c'est un code qui, dans toutes les circonstances possibles (supposées en nombre fini), fixe exactement ce que le joueur doit faire. Dans la plupart des jeux usuels, le nombre des méthodes possibles est extrêmement grand, mais cependant toujours fini. Si le joueur A adopte la méthode C_i et B la méthode C_k, le calcul des probabilités permet de calculer la probabilité de gain de A, que nous appellerons a et celle de B qui sera $b = 1 - a$; nous poserons

$$(1) \qquad \begin{cases} a = \frac{1}{2} + \alpha_{ik}, \\ b = \frac{1}{2} + \alpha_{ki}; \end{cases}$$

les nombres α_{ik} et α_{ki}, compris entre $-\frac{1}{2}$ et $+\frac{1}{2}$, satisfont à la relation

$$(2) \qquad \alpha_{ik} + \alpha_{ki} = 0.$$

La symétrie du jeu s'exprime par les relations

$$(3) \qquad \alpha_{ii} = 0.$$

Nous dirons qu'une manière de jouer C_i est mauvaise, si α_{ih} est négatif ou nul quel que soit h; nous exclurons les manières de jouer mauvaises; après cette exclusion, il pourra y avoir d'autres manières de jouer qui seront devenues mauvaises; ce sont les manières C_j telles que α_{jk} soit négatif ou nul quelle que soit la manière C_k non précédemment exclue comme mauvaise; nous continuerons cette exclusion jusqu'à ce qu'il ne subsiste plus de manière de jouer mauvaise; il pourra arriver alors qu'il y ait une manière de jouer indifférente C_0 telle que α_{0k} soit nul quel que soit k; nous laisserons provisoirement ce cas de côté; les manières de jouer C_h qui subsistent sont alors telles que α_{hk} est positif pour au moins une valeur de k; s'il existait une manière de jouer C_h telle que α_{hk} soit toujours positif ou nul, cette manière de jouer serait la meilleure. Dans le cas où cette meilleure manière n'existe pas, on peut se demander s'il n'est pas possible, à défaut d'un code choisi une fois pour toutes, de jouer d'une manière avantageuse en variant son jeu. Si l'on veut formuler une règle précise pour varier le jeu, cette règle ne faisant intervenir que les faits observés dans le jeu, et non pas des remarques psychologiques sur le joueur auquel on est opposé, cette règle équivaut forcément à un énoncé tel que le suivant : la probabilité pour que, en un moment donné du jeu, A adopte, pour fixer sa conduite à ce moment, le code C_k est p_k; la probabilité analogue pour B pourra être désignée par q_k et, en désignant par n le nombre des codes qui subsistent, on a

$$(4) \qquad \sum_1^n p_k = 1, \qquad \sum_1^n q_k = 1.$$

La probabilité de gain de A est, en tenant compte de (1), (2), (3) et (4),

$$\sum_1^n \sum_1^n \left(\frac{1}{2} + \alpha_{ik}\right) p_i q_k = \frac{1}{2} + \alpha;$$

en posant

$$(5) \qquad \alpha = \sum_1^n \sum_1^n \alpha_{ik} p_i q_k = \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{k=1}^{k=i-1} \alpha_{ik}(p_i q_k - p_k q_i).$$

Dans le cas particulier où $n = 3$, cette formule devient

$$(6) \qquad \alpha = \begin{vmatrix} p_1 & p_2 & p_3 \\ q_1 & q_2 & q_3 \\ \alpha_{23} & \alpha_{31} & \alpha_{12} \end{vmatrix}$$

Si, comme nous le supposons, aucune des trois manières de jouer

C_1, C_2, C_3 n'est mauvaise, on voit immédiatement qu'aucune des trois n'est meilleure que les autres; les trois nombres α_{23}, α_{31}, α_{12} sont donc de même signe; il est facile de trouver des nombres positifs p_1, p_2, p_3 satisfaisant à la relation (4), et tels que α soit nul quels que soient les nombres q_1, q_2, q_3. Il est donc possible d'adopter une manière de jouer permettant de lutter avec des chances égales contre tout joueur; cette manière de jouer consiste, avant de prendre une décision quelconque, à tirer au sort dans des conditions qui attribuent respectivement les probabilités p_1, p_2, p_3 aux codes C_1, C_2, C_3. Mais il est aisé de voir que, dès que n dépasse 3, cette circonstance ne se présentera que pour des valeurs très particulières des α_{ik}; en général, quels que soient les p, il sera possible dans (5) de choisir les q de manière que α ait un signe fixé d'avance. Lorsqu'il en est ainsi, quelle que soit la variété introduite par A dans son jeu, du moment que cette variété est définie, il suffit que B la connaisse pour qu'il puisse varier son jeu de manière à avoir un avantage sur A; la réciproque est également vraie; nous devons en conclure que le calcul des probabilités ne peut servir qu'à permettre l'élimination des manières de jouer mauvaises et le calcul des α_{ik}; pour le surplus, l'art du jeu dépend de la psychologie et non des mathématiques.

Il est aisé d'étendre les considérations précédentes au cas où les manières de jouer forment une infinité continue; si l'on veut embrasser à la fois les cas du continu et du discontinu, il faudra remplacer les relations (4) par des relations telles que les suivantes :

$$(7)\qquad \begin{cases} \displaystyle\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} d\varphi\,(x,\,y) = 1, \\ \displaystyle\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} d\varphi_1(x_1,\,y_1) = 1, \end{cases}$$

les fonctions croissantes φ et φ_1 dépendant, par exemple, de deux variables, et les intégrales étant définies au sens de Stieltjes. Ces fonctions définissent les manières de jouer des joueurs A et B; la probabilité de gain est définie par une fonction symétrique gauche $f(x, y, x_1, y_1)$, c'est-à-dire que la relation (2) est remplacée par

$$(8)\qquad f(x, y, x_1, y_1) = -f(x_1, y_1, x, y).$$

La valeur de α est alors donnée par l'intégrale de Stieltjes

$$(9)\qquad \alpha = \int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} f(x, y, x_1, y_1)\, d\varphi(x, y)\, d\varphi(x_1, y_1).$$

De nombreux problèmes sur un tel jeu peuvent donc être ramenés à l'étude d'équations intégrales à noyau symétrique gauche; ce noyau dépend des conventions du jeu, tandis que les formes diverses des équations intégrales dépendent des problèmes posés.

Parmi les jeux pour lesquels les manières de jouer forment une double infinité continue, l'un des plus simples est le suivant : A et B choisissent chacun trois nombres positifs dont la somme est égale à 1 :

$$(10) \qquad \begin{cases} x+y+z=1, \\ x_1+y_1+z_1=1 \end{cases}$$

et chaque joueur range dans un ordre déterminé les nombres qu'il a choisis. A gagne si deux des nombres choisis par lui sont supérieurs aux nombres correspondants de B, c'est-à-dire si l'on a

$$(11) \qquad (x_1-x)(y_1-y)(z_1-z)>0,$$

et perd dans le cas contraire; la partie est nulle si l'inégalité (11) se transforme en égalité. On peut naturellement généraliser de bien des manières en remplaçant (10) et (11) par d'autres relations.

Une forme très simplifiée de ce jeu, intéressante à étudier comme illustration de ce qui précède, consiste à supposer les nombres x, y, z, x_1, y_1, z_1 entiers positifs satisfaisant aux relations [1]

$$(12) \qquad \begin{cases} x+y+z=7, \\ x_1+y_1+z_1=7. \end{cases}$$

Le gain ou la perte dépendent toujours du signe du produit (11). Le nombre 7 est le plus petit des entiers pour lequel le jeu ne comporte pas des manières de jouer supérieures aux autres.

Les problèmes de probabilités et d'analyse que l'on pourrait se poser à propos de l'art de la guerre ou des spéculations économiques et financières ne sont pas sans analogie avec les problèmes relatifs aux jeux, mais avec un degré de complication en général bien plus élevé. Pour leur solution pratique, l'esprit géométrique doit être aidé par l'esprit de finesse. Le seul conseil que le géomètre puisse donner, en l'absence de tout renseignement

---

(1) On peut, pour concrétiser ce jeu, supposer que x, y, z désignent des nombres de cartes choisies librement par chaque joueur (ou bien distribuées par des combinaisons où interviendraient à la fois le hasard et la volonté du joueur); le jeu de A se compose donc de x trèfles, y carreaux et z cœurs, et A gagne B s'il l'emporte numériquement dans deux des couleurs.

psychologique, au joueur A dont l'adversaire B cherche à utiliser les remarques précédentes, c'est de varier son jeu de telle manière que les probabilités attribuables par un observateur extérieur à ses diverses manières de jouer ne soient jamais définies; la fonction $\varphi(x, y)$ doit donc varier à chaque instant, et varier sans suivre *aucune loi;* on peut douter qu'il soit possible d'indiquer un moyen effectif et sûr de mettre en action un tel conseil; il semble que, pour le suivre à la lettre, il faudrait une incohérence totale d'esprit, alliée, bien entendu, à l'intelligence nécessaire pour éliminer les méthodes que nous avons qualifiées de mauvaises.

GÉOLOGIE. — *Résumé de nos connaissances sur la nappe de Suzette (âge précis, constitution, extension); la question de son origine.* Note de MM. **Pierre Termier** et **Léonce Joleaud**.

Nous avons, dans une Note récente ([1]), exposé les résultats de notre dernière campagne qui concernent la *nappe de Suzette*. Cette curieuse entité tectonique est désormais bien définie, et l'histoire de son cheminement sur la région du Rhône sera l'un des beaux chapitres de l'histoire générale des Alpes occidentales.

Résumons rapidement nos connaissances à son sujet :

Age précis. — La nappe de Suzette s'est étendue, à la façon d'un manteau, sur une série antérieurement plissée qui comprend surtout des terrains secondaires (Jurassique et Crétacé), mais qui renferme aussi de l'Oligocène. Cet Oligocène monte jusqu'au Chattien (couches à *Helix Ramondi*). La nappe est donc post-chattienne. D'autre part, elle est recouverte par le Burdigalien, qui est nettement postérieur à sa mise en place. Son âge est donc aquitanien.

Cet âge est très exactement celui des phénomènes de charriage signalés par nous dans la région d'Avignon ([2]). Les mylonites d'Aramon, qui séparent deux écailles de terrain crétacé déplacées l'une par rapport à l'autre, sont post-chattiennes et anté-burdigaliennes. Or les écailles de la région d'Avignon ne sont que les termes supérieurs d'un vaste système

---

([1]) *Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 1033-1038. Dans le dernier alinéa de cette Note (p. 1038), une erreur typographique s'est glissée. Il faut lire *se cacher sous la nappe de Suzette*, et non *se cacher sur la nappe de Suzette*.

([2]) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 1291-1296, et t. **172**, 1921, p. 24-28.

d'écailles poussées vers le Massif central [1], système qui comprend les *Klippes* de la plaine d'Alais, les *morts-terrains* qui recouvrent le Houiller du Gard, et les écailles multiples de ce Houiller lui-même. A la même époque aquitanienne, la nappe de Suzette, venue des Alpes, a cheminé sur la région du Rhône, et les écailles du Gard ont glissé les unes sur les autres à la façon des cartes d'un paquet de cartes à jouer posé sur une table et poussé latéralement. On est donc très tenté de penser qu'il y a relation entre les deux charriages; que la nappe de Suzette est une *liaison* entre les nappes des Alpes et les écailles du Gard; que celles-ci ont été mises en mouvement par celles-là.

Lorsque la nappe de Suzette s'est avancée sur la région du Rhône, il y avait eu déjà de très fortes érosions dans le pays autochtone plissé. Le plissement de ce pays avait commencé dans l'Éocène (phase *pyrénéenne* de plissement, avec direction de plis voisine de Est-Ouest); il s'était accentué avant et pendant le Chattien (phase *alpine* de plissement, avec direction de plis variant de N-S à NE-SO). L'érosion semble avoir été très active pendant tout l'Oligocène.

Constitution. — Dans la nappe de Suzette, il n'y a plus aujourd'hui que du Trias. C'est vainement que nous y avons cherché des témoins, ou des débris, de terrains d'un autre âge.

Ce Trias de la nappe de Suzette est presque exclusivement formé de cargneules. Les argiles y sont relativement rares; elles accompagnent le gypse, qui n'est ni fréquent, ni abondant; ce sont des argiles grises ou noires, habituellement, et les teintes rouges et jaunes, presque constantes dans les cargneules, fréquentes aussi dans le gypse, ne sont pas communes dans les argiles. La célestine, mêlée d'un peu de barytine, apparaît çà et là avec le gypse; elle est blanche et cristalline, et non pas en rognons pierreux comme la célestine d'un certain niveau de l'Oligocène. Aux cargneules s'associent parfois des calcaires et des dolomies plus ou moins bien lités, souvent en plaquettes, blancs, gris, jaunes, bruns ou rouges. Presque toujours ces calcaires et dolomies sont brisés et confusément mêlés aux cargneules mylonitiques. C'est dans des calcaires semblables, en plaquettes jaunes, que nous avons, à Mérindol, trouvé des fossiles.

La stratification est le plus souvent invisible, presque toujours confuse. Les cargneules sont concassées et broyées. *En réalité, la nappe de Suzette*

---

(1) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1034-1038, et t. 169, 1919, p. 143-146, 583-586, 752-758 et 1371-1376.

est une immense mylonite de Trias, faite aux dépens d'un Trias où dominaient, de beaucoup, les calcaires magnésiens : ce sont les calcaires magnésiens qui ont donné les cargneules, et leur *cargneulisation* a été grandement facilitée par l'écrasement.

Dans ce Trias mylonitique, il n'y a pas de grès; mais nous y avons trouvé un fragment, un seul jusqu'ici, de quartzite blanc, semi-métamorphique, à séricite et à tourmaline, du type des quartzites triasiques très cristallins de la Vanoise et du Briançonnais oriental.

Le Trias de la nappe est minéralisé. Il en sort des eaux salées et purgatives. Ces eaux ont apporté et laissé cristalliser, dans les terrains secondaires sous-jacents, des sulfates de strontium et de baryum, des sulfures de zinc et de plomb, de la smithsonite. La relation entre la nappe et les gisements de minerais plus ou moins utiles est évidente à Auzière, à Propiac et à Condorcet. Dans les cassures des calcaires marneux du Séquanien, les eaux issues de la nappe ont formé de la smithsonite (calamine), souvent très pure; dans les schistes argileux de l'Oxfordien et du Callovien, elles ont donné naissance à de la blende, accessoirement à de la galène.

Extension. — Le lambeau le plus occidental de la nappe de Suzette est celui du massif de Gigondas; le plus oriental (parmi ceux dont l'attribution à la nappe de Suzette est certaine) se trouve à Lazer : de l'un à l'autre, il y a une distance d'environ 70^{km}.

L'extension vers le Nord est jalonnée, non pas seulement par les lambeaux de Condorcet et de Montrond (les plus septentrionaux qui subsistent actuellement), mais par les gîtes de zinc d'Orpierre, de Luc-en-Diois, de Brette, de Menglon, dont le rattachement à la nappe n'est pas douteux. De l'ancien gîte de Menglon (près Chatillon-en-Diois) au bord sud du massif de Gigondas (près Beaumes-de-Venise), la distance est de 70^{km} également.

Il est donc très certain que la nappe de Suzette a recouvert, d'un manteau quasi-horizontal qui s'est ultérieurement ondulé et plissé, un territoire d'au moins 5000^{km^2} de superficie, allant (aujourd'hui) des hauteurs entre Durance et Buëch aux environs d'Orange, dans le sens Est-Ouest, et du bord nord de la Montagne-de-Lure aux environs de Die, dans le sens Sud-Nord. L'épaisseur de ce manteau de Trias mylonitique atteint encore, actuellement, 100^{m} en quelques points (entre Montaulieu et l'Eygues, à Lazer, aux environs de Suzette); elle a dû être bien plus forte autrefois.

Il est extrêmement probable que l'extension réelle de la nappe, au moment de son maximum, a été beaucoup plus grande; qu'elle a dépassé

Orange, vers l'Ouest, et atteint le Rhône; et que, vers le Nord, elle s'est avancée jusqu'à Valence. La liaison tectonique de la nappe avec le système d'écailles observé sur la rive droite du Rhône et sur le bord est du Massif central paraît alors toute naturelle.

Question de l'origine de la nappe. — Reste à préciser l'origine de la nappe ou, ce qui revient au même, l'emplacement de sa racine. A ce sujet, nous sommes encore dans l'incertitude et la question appelle un supplément de recherches sur le terrain. Voici, pour le moment, les résultats acquis.

Tout d'abord, il est absolument certain que la nappe de Suzette vient des Alpes. L'hypothèse qui la ferait venir du Massif central est tout à fait invraisemblable : d'une part, le Trias cévenol, où les grès sont fréquents, ne ressemble point, lithologiquement, au Trias de Suzette; d'autre part, les charriages du Gard, à l'époque aquitanienne, sont *nettement* dirigés de l'Est à l'Ouest, ou du Sud-Est au Nord-Ouest, et montent à l'assaut du Massif central.

L'hypothèse qui ferait venir la nappe de Suzette de la Provence, qui ferait d'elle un prolongement de l'une des grandes nappes provençales, n'est pas plus acceptable : les nappes provençales, d'une part, étaient depuis longtemps mises en place quand s'est produit le charriage de Suzette; et d'autre part, le faciès du Trias de Provence, avec son Muschelkalk très fossilifère et son Keuper riche en argiles bariolées et en gypse, diffère beaucoup du faciès observé dans notre nappe. La seule hypothèse recevable est celle de l'origine alpine.

La nappe de Suzette vient d'une région des Alpes où le Trias était très puissant : on ne comprendrait pas, sans cela, qu'une nappe aussi épaisse fût exclusivement formée d'éléments triasiques. Elle vient d'une région des Alpes, où, dans le Trias, dominait le faciès nettement marin, le faciès *calcaire magnésien*, et où le régime lagunaire, pendant cette période triasique, ne se réalisait que çà et là, localement, et chaque fois pour une courte durée. Enfin elle vient d'une région des Alpes où, à un certain moment du Trias, et sans doute au début de la période, des sables quartzeux très fins et très purs se sont déposés, qui sont devenus plus tard des quartzites et ont même subi une recristallisation, une sorte de semi-métamorphisme, allant jusqu'à la production d'aiguilles de tourmaline et de paillettes de séricite.

Notre première idée ([1]) avait été, tout naturellement, de chercher la racine de la nappe de Suzette dans la zone subalpine, dans la région de plis

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 412.

aigus, sinueux, souvent déversés à l'Ouest ou au Sud-Ouest, qui courent de Digne vers Gap, et qui ont fait, il y a quelque 30 ans, l'objet des belles études de M. Émile Haug ([1]). C'est pour vérifier cette idée que nous avons visité la vallée de la Sarre et les hauteurs au-dessus de Clamensanne. Mais nous n'avons pas trouvé, dans notre visite, la confirmation de l'hypothèse.

Les plis aigus dont nous parlons se déversent, à la vérité; mais leur déversement est local et capricieux; il n'a pas l'intensité, la continuité, l'unité de sens, qui caractérisent habituellement le déversement des plis dans un pays où s'enracinent de grandes nappes.

Le Trias de la Sasse ne semble pas avoir l'épaisseur qu'il faudrait qu'il eût pour avoir été l'origine de la nappe de Suzette. Enfin, ce Trias sulbalpin, quoique riche en cargneules, ne nous a pas paru posséder le vrai faciès Suzette : il renferme, à Barles, des grès, qui sont de véritables grès, non des quartzites; le gypse et les argiles bariolées y jouent un rôle trop important; le faciès lagunaire y domine trop. Les deux petits lambeaux de recouvrement, formés de terrains triasiques, que M. Haug a signalés près de Nibles et qui sont dessinés sur la carte géologique (feuille *Digne*), ne ressemblent guère à des témoins de la nappe de Suzette. L'un d'eux est surtout constitué par des grès quartzeux grossiers, qui, malgré leur couleur blanche, diffèrent profondément des quartzites du Trias briançonnais; l'autre est exclusivement formé de calcaires magnésiens brunissants, renfermant de nombreux débris de schistes micacés. Il est bien probable que ces lambeaux proviennent du pli triasique voisin (pli d'Entraix), comme l'a supposé M. Haug ([2]); mais leurs roches ne sont point des roches de Suzette, et cela suffit pour que le rattachement de la nappe de Suzette au pli d'Entraix et à l'écaille de Trénom soit difficilement admissible.

Notre impression, actuellement et jusqu'à plus ample informé, est que la racine de la nappe de Suzette doit être cherchée plus loin vers l'Est, en pleine région alpine; que la nappe de Suzette est une *nappe briançonnaise;* qu'elle est le prolongement occidental, étendu autrefois jusqu'au Rhône, de l'une de ces grandes nappes de l'Ubaye que MM. Haug et Kilian nous ont fait connaître dès 1892, nappe peu à peu débarrassée de ses terrains éogènes, crétacés et jurassiques, et réduite à une *âme* triasique, presque toujours écrasée et transformée en mylonite. On sait que ces nappes de

([1]) Ém. Haug. *Les chaînes subalpines entre Gap et Digne*, Paris, 1891. Voir aussi, du même auteur, *Environs de Digne et de Sisteron* (*Livret-guide des excursions en France du 8e Congrès géologique international*, Paris, 1900).

([2]) *Loc. cit.*, p. 16 et 17.

l'Ubaye et du Briançonnais sortent de dessous un autre système charrié, qui est le *système des Schistes Lustrés* et qui cache leurs racines. Si cette hypothèse était vraie, la racine de la nappe de Suzette serait invisible; elle se tiendrait en profondeur sous les Schistes Lustrés de la zone frontière franco-italienne, à une distance du Rhône que l'on ne peut guère évaluer à moins de 200^{km}. Le phénomène dont les lambeaux de Suzette sont les très petits témoins prendrait place, dès lors, parmi les plus grandioses de l'orogénie alpine; mais quand on songe que c'est le contre-coup de ce phénomène qui a déplacé d'au moins 50^{km} les écailles du Gard, traîné le Houiller de Molières et de Bessèges sur le Houiller de la Grand'Combe et décalé, sur leur socle cristallin, les terrains secondaires, dans toute la région cévenole sud-orientale, on est porté à croire que l'hypothèse en question donne seule une cause adéquate à d'aussi formidables effets.

PSYCHOLOGIE. — *L'unité psychologique du temps.* Note de M. Charles Richet

I. Quelles que soient les théories de mécanique ou de mathématique sur le temps, il est impossible de ne pas le considérer comme une des formes nécessaires de la pensée. On peut donc étudier le temps au point de vue subjectif seul (indépendamment de toute hypothèse) sans se préoccuper de savoir quelle est la part d'absolu que contient la notion que nous en donne notre conscience.

D'innombrables et excellents travaux ont été faits sur la mesure du temps dans les diverses opérations intellectuelles, et des résultats positifs, concordants, ont été obtenus. Mais ce qui semble avoir peu attiré l'attention des psycho-physiologistes, c'est de déterminer en combien d'éléments simples, unités primordiales, peut se fragmenter ce que nous appelons communément « le temps ».

De même que les physiciens ont mesuré le nombre des vibrations produites en une seconde par une lumière, un son, une étincelle électrique, de même les physiologistes peuvent chercher le nombre de vibrations produites par une pensée élémentaire.

Mais le problème est inabordable sous cette forme, peut-être parce que la pensée n'est pas réductible à un phénomène matériel. En tout cas, on ne voit guère comment se pourrait connaître le nombre des vibrations moléculaires — de quel ordre? — répondant à une pensée simple, si simple

qu'elle soit. Mais ce qui peut se déterminer, c'est le nombre de pensées (simples) dont notre intelligence est capable dans l'unité de temps, c'est-à-dire dans la seconde.

Autrement dit, il y a dans la vie commune, dans les mesures scientifiques, dans le langage universel, une unité de temps qui est la seconde. Il s'agit de préciser quelle est la relation entre cette unité commune du temps et l'unité psychologique du temps.

Le problème peut encore se poser sous une autre forme : « Combien de fois peut-il y avoir de pensées élémentaires par seconde? »

Si nous arrivions à préciser le nombre maximum des pensées élémentaires possibles dans l'unité commune de temps, nous aurions par ce chiffre même déterminé l'unité élémentaire du temps pour la conscience. Car ce nombre maximum de pensées élémentaires possibles en une seconde indiquera combien de fois l'intelligence humaine peut vibrer en une seconde ([1]).

II. Les physiologistes ont établi depuis longtemps qu'on ne peut guère effectuer plus de 10 mouvements volontaires par seconde. Et cependant le muscle peut réagir aux excitants électriques en donnant jusqu'à 40 mouvements dissociés par seconde. De sorte qu'on a été conduit à supposer que, si le muscle ne peut, sous l'influence de la volonté, se contracter plus de dix fois par seconde, ce n'est pas parce qu'il est incapable d'un mouvement plus rapide, c'est parce que le système nerveux volontaire n'est pas capable d'une vibration plus fréquente ([2]).

Mais cette conclusion ne semble pas autorisée. Car, lorsqu'un acte est commandé à un muscle, il y a peut-être, dans la contraction musculaire même, quelques conditions mécaniques qui la prolongent, de manière à diminuer en apparence la fréquence maximale des impulsions volontaires.

Il fallait donc se débarrasser de cet *impedimentum* mécanique et sup-

---

([1]) Bien entendu, en parlant des vibrations de la pensée humaine, nous faisons une hypothèse. Mais, puisque tous les phénomènes à nous connus peuvent se ramener à des vibrations, nous avons le droit d'assimiler, au moins provisoirement, la pensée à un phénomène vibratoire.

([2]) Les insectes ailés peuvent donner jusqu'à 300 battements d'aile par seconde. On peut se demander si à ces 300 battements d'aile correspondent 300 impulsions distinctes. Malheureusement, il ne paraît pas possible actuellement de décider, et de dire que les 300 battements d'aile distincts sont 300 volitions isolées. Il faut, en tout cas, admettre une différence profonde tant de la fonction musculaire que de la fonction intellectuelle chez les insectes et chez les autres animaux.

primer les actions mécaniques extérieures, afin d'étudier alors la fréquence maximale des pensées en une seconde, et cela sans qu'il y ait mouvement extérieur, puisque ce mouvement même est peut-être une cause (mécanique) de ralentissement.

Mais comment mesurer la fréquence maximale de nos pensées? L'expérience m'a semblé pouvoir être faite de la manière suivante :

Si l'on articule une phrase quelconque (sans se soucier d'ailleurs du sens de cette phrase), on peut admettre que l'articulation de chaque syllabe représente, sinon une pensée dans le sens ordinaire du mot, tout au moins une volition, c'est-à-dire un acte intellectuel. C'est un fait d'intelligence que de vouloir dire *A B C*. Et lorsqu'on dit *A B C*, on a eu trois volitions distinctes, trois pensées élémentaires. Il s'agit alors de savoir quelle sera la fréquence maximale de ces articulations successives de voyelles.

Mais comme l'articulation de ces syllabes nécessite des mouvements extérieurs dont la mécanique va peut-être ralentir la succession mentale, il faut se contenter de l'articulation mentale et savoir combien de temps nous mettons à penser une phrase quelconque, quand nous en prononçons mentalement toutes les syllabes avec un maximum de rapidité (¹).

Prenons une phrase facile à retenir et assez courte, par exemple : *Allons, enfants de la patrie, le jour de gloire est arrivé*. Cette phrase est de seize syllabes, et la prononciation mentale de chacune de ces syllabes est une volition distincte, un acte intellectuel précis, dont la fréquence dans l'unité de temps indiquera la fréquence maximale des pensées (ou des volitions) dans une seconde.

Pour savoir quelle est la fréquence de ces prononciations mentales de syllabes, il suffira de compter, avec un chronomètre, combien de fois en une minute on aura articulé mentalement ces 16 syllabes susdites. On pourra aussi enregistrer sur un cylindre rotatif, à marche rapide, l'achèvement de ces deux vers, mentalement prononcés. L'enregistrement graphique permettra de connaître la régularité ou l'irrégularité du phénomène.

J'ai maintes fois fait cette expérience, soit sur moi-même, soit sur d'autres personnes. Et alors j'ai constaté ce fait assez singulier que les résultats sont beaucoup plus homogènes qu'on ne serait tenté de le supposer tout d'abord. Je suis arrivé au chiffre moyen de 740, ce qui repré-

(¹) Dans des travaux antérieurs, avec André Broca, nous avions déjà abordé la question en mesurant la durée de la période réfractaire dans les centres nerveux.

sente 12,3 par seconde. Avec d'autres phrases, j'ai obtenu une rapidité un peu plus grande (13,2). D'autres personnes, moins entraînées à ce bizarre exercice, ont eu un chiffre un peu plus faible, soit 11,5 ou 12. De sorte que finalement je conclurais à un chiffre moyen de 12,5 par seconde. Il me paraît qu'une précision plus grande ne peut être obtenue.

Par conséquent la durée d'une prononciation mentale, autrement dit d'une volition élémentaire, peut être évaluée à $\frac{1}{12,5}$ de seconde, soit à $0^s,08$.

D'autre part, les nombreuses observations faites sur la persistance des impressions visuelles (ou auditives) se succédant avec une fréquence supérieure à 12 par seconde, montrent qu'il y a alors déjà un commencement de fusion des images.

En définitive, nous devons conclure que notre appareil intellectuel a une période vibratoire qui est d'environ $0^s,08$.

On peut donc dire que l'unité psychologique du temps est de $0^s,08$. Et c'est là un fait psychologique dépendant de notre constitution mentale. Cette durée de $0^s,08$, si elle n'est pas une réalité au point de vue absolu, est une réalité à notre point de vue humain.

III. Mais il faut aller plus loin. Car ce n'est pas seulement pour la conscience, mais encore pour toute existence biologique, que le temps est une réalité, et non une abstraction.

Toutes les cellules vivantes sont soumises à une perpétuelle évolution, condition de la vie. Toutes passent par des phénomènes successifs de naissance, de croissance, de sénilité, et de mort. L'ovule fécondé subit des transformations plus ou moins rapides qui aboutissent à la formation d'un être, lequel est successivement jeune, adulte, vieillard, et cette instabilité est la caractéristique de tout être vivant. Quel que soit notre procédé pour mesurer la vitesse de ces mutations, elles se poursuivent fatalement par étapes qui ne sont pas simultanées, mais successives. Or il est impossible de ne pas traduire en langage commun ces successions et de ne pas leur assigner une certaine durée, et une durée qui n'est liée à aucune hypothèse cosmique. Cette durée a une réalité *en soi*. De même nous voyions tout à l'heure que les phénomènes de conscience ont une durée qui est, elle aussi, une réalité *en soi*.

La mesure du temps considéré psychologiquement et physiologiquement est donc indépendante de toute hypothèse. J'oserais même dire qu'elle est supérieure à toute hypothèse, puisqu'elle est liée indissolublement à la fonction de nos organes et au jeu de notre conscience. Elle fait partie intégrante de notre humanité.

Supposons que sur une machine volante prodigieusement rapide un homme fasse le tour de la terre en 24 heures, et que, pendant 10 ans, il continue ce voyage en allant de l'Est à l'Ouest, il sera, *astronomiquement*, resté au même jour, mais il n'en aura pas moins vieilli *physiologiquement* de ce que nous appelons 10 années. *Le temps marche* pour notre conscience et nos organes, indépendamment de tout ce qui n'est pas notre conscience et nos organes, quelle que soit la mesure adoptée.

Même si nous étions entraînés dans l'espace, par suite de quelque plus prodigieuse encore translation, le temps paraîtrait peut-être à un observateur non transporté énormément plus long ou plus court, mais cela nous importerait peu, puisque, à notre point de vue humain, la succession des phénomènes physiologiques serait la même, et que les chronomètres transportés avec nous marqueraient les mêmes durées relatives.

IV. Je conclurai en disant :

1° Que le temps est, pour la conscience, une réalité *en soi*, et que l'unité élémentaire de ce temps est pour la conscience d'un douzième de seconde environ;

2° Que dans le domaine biologique, pour les organes (qui, évoluant perpétuellement, sont soumis à une succession ininterrompue de phénomènes distincts), le temps est une réalité *en soi*, indépendante de toutes nos mesures arbitraires, indépendantes de toutes les contingences extérieures.

PHYSIQUE. — *Sur la tension superficielle des électrolytes électrisés.* Note (¹) de M. **G. Gouy.**

Une expérience intéressante de M. Félix Michaud montre que la tension superficielle d'un électrolyte ne varie pas sensiblement quand on électrise sa surface (²). L'auteur pense qu'on peut en déduire une objection assez grave à la théorie des ions, parce que ceux-ci, en s'accumulant à la surface électrisée, devraient, semble-t-il, modifier les forces capillaires.

En réalité, ce n'est pas à la théorie des ions elle-même que s'appliquerait l'objection, mais à l'idée assez répandue que la charge est constituée par

---

(¹) Séance du 5 décembre 1921.

(²) Félix Michaud, *Sur la tension superficielle des liquides électrisés* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 972).

des ions accumulés à la surface même de l'électrolyte. J'ai eu l'occasion de montrer ([1]) que cette hypothèse n'est pas admissible, parce qu'une petite charge ne diminue pas la pression osmotique à l'intérieur de l'électrolyte, ni par suite le nombre total des ions individuels qui s'y trouvent dans l'unité de volume, aux quantités près du deuxième ordre.

Remarquant ensuite que la distribution des ions doit résulter d'un équilibre entre les forces électriques qui tendent à les rapprocher de la surface où à les en éloigner, et la diffusion (ou la pression osmotique) qui tend à rétablir l'état primitif, j'ai calculé l'état du milieu à une distance quelconque de la surface. La variation de concentration des ions, qui constitue la charge, décroît à partir de la surface, et forme dans l'électrolyte une couche d'épaisseur sensible, qui se raccorde asymptotiquement avec le milieu resté inaltéré.

Considérons la dernière couche du liquide, et les concentrations ([2]) qu'y possèdent les ions des deux signes avant l'électrisation. Quand celle-ci a lieu, ces concentrations prennent des accroissements Δ_a et Δ_c. Si la charge q par unité de surface est petite, ce qui est toujours le cas pour un condensateur à diélectrique gazeux, les formules deviennent, en unités électrostatiques,

$$\Delta_c = -\Delta_a = q\sqrt{\frac{4\pi N_c \nu_c}{KRT(\nu_a+\nu_c)}} = q\sqrt{\frac{4\pi N_a \nu_a}{KRT(\nu_a+\nu_c)}},$$

ν_a et ν_c sont les valences des deux ions, N_a et N_c leurs concentrations loin de la surface, K le pouvoir inducteur, R la constante des gaz, et T la température absolue.

Suivant le signe de la charge, la concentration de l'un des ions augmente tandis que l'autre diminue, de manière que le nombre total des ions dans l'unité de volume ne varie pas.

Les valeurs Δ ainsi calculées sont très petites. Considérons, par exemple, une solution aqueuse où les deux ions ont même valence, et où l'ion-gramme occupe un volume de 10 litres. Dans l'expérience citée par M. Michaud, on a $q = 2,65$. Il en résulte ([3])

$$\Delta_c = -\Delta_a = \pm 4,8.10^{-8}.$$

Ainsi la concentration de chacun des ions près de la surface augmente ou

([1]) *Sur la constitution de la charge électrique à la surface d'un électrolyte* (*Journal de Physique*, 1910).

([2]) Nombre d'ions-grammes dans l'unité de volume.

([3]) On a $N_\alpha = N_c = 10^{-4}$; $K = 80$; $R = 8,32.10^7$; $T = 288$.

diminue de moins de $\frac{1}{2000}$ de sa valeur, ce qui ne peut évidemment produire aucun effet sensible sur les forces capillaires.

Les calculs dont nous venons de parler supposent qu'en l'absence d'électrisation, les ions sont répartis uniformément dans tout le volume de l'électrolyte. Si l'on suppose, au contraire, que l'uniformité est déjà altérée, près de la surface, par des forces moléculaires, cette répartition se trouvera ensuite modifiée par la charge, dont les effets paraissent devoir être de même sens et de même ordre de grandeur que ceux que nous venons d'examiner.

L'absence constatée d'effet de l'électrisation sur la tension superficielle s'explique donc bien dans la théorie des ions, en renonçant à l'idée d'une accumulation des ions à la surface même, qui entraîne toujours des difficultés [1].

M. Michaud établit, par un cercle thermodynamique, l'absence complète de l'effet en question. Aucun cycle, appliqué à des objets réels, ne peut donner des résultats exacts à toute approximation; mais, s'il en était ainsi, cela pourrait s'expliquer par une compensation entre les effets capillaires des ions des deux signes, dont l'électrisation fait varier les concentrations en sens inverse.

Les mêmes considérations s'appliquent aux effets optiques de la charge d'un électrolyte. Si les ions s'accumulaient à la surface en quantité suffisante, ils formeraient une couche de constitution différente du reste, et il devrait en résulter, semble-t-il, une polarisation elliptique de la lumière réfléchie, effet optique de la charge qui n'a pas été constaté.

Je ne pense pas, du reste, qu'on doive regarder la petitesse des effets en question comme une nouvelle preuve de l'exactitude de la théorie rappelée plus haut. La charge, ne pouvant guère dépasser huit unités par centimètre carré, correspond à deux ions monovalents pour chaque carré de $0^{\mu},1$ de côté; sur cette petite surface se trouvent 10^5 molécules d'eau. Il se pourrait donc, même si les ions arrivaient à la surface, que leur effet fût inappréciable.

---

(1) Dans la cinquième Partie de mon Mémoire, *Sur la fonction électrocapillaire* (*Ann. Phys.*, 1917), on trouvera, au Chapitre II, l'exposé d'une difficulté de cette nature, qui a été l'origine de mes recherches sur cette question.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les mélanges de liquides anisotropes et l'identité des liquides stratifiés de Grandjean avec les liquides du type azoxyphénétol.* Note de MM. G. **Friedel** et L. **Royer**.

La structure à plans équidistants signalée par F. Grandjean [1] dans le cyanbenzal-aminocinnamate d'amyle se retrouve dans les autres liquides à pouvoir rotatoire qui réfléchissent des couleurs, comme les sels de cholestéryle. Difficilement visible dans les sels de cholestéryle purs, dont la structure est généralement confuse, elle apparaît avec une magnifique netteté dans les mélanges de ces sels avec les liquides à fils (type azoxyphénétol, azoxyanisol, etc.). Une trace de benzoate de cholestéryle suffit pour faire apparaître dans l'azoxyphénétol ou dans l'azoxyanisol les plans équidistants, d'autant plus espacés que la teneur en sel de cholestéryle est plus faible. Leur observation est aisée dans une fente de clivage de mica.

Ces plans réfléchissent un seul des deux rayons polarisés circulaires (le gauche dans le cyanbenzal-aminocinnamate, le droit dans le benzoate ou l'acétate de cholestéryle), sans affecter aucunement l'autre rayon circulaire. La présence des plans pourvus de cette propriété explique entièrement les couleurs réfléchies par ces corps.

On a pu se demander si ces liquides stratifiés constituaient une troisième forme de la matière, venant s'ajouter aux deux types déjà connus (liquides à coniques et liquides à fils) intercalés entre le type cristallisé et le type amorphe. Il semblait possible aussi qu'ils fussent une forme spéciale des liquides à coniques, dans la structure desquels on est conduit à imaginer une répartition des molécules sur des plans parallèles équidistants (mais à distances moléculaires, tandis que les distances des plans de Grandjean sont de l'ordre d'une demi-longueur d'onde de lumière). L'observation des mélanges, très instructive à beaucoup d'égards, résout la question dans un sens inattendu.

Les mélanges de corps susceptibles de fournir des liquides anisotropes ne laissent jamais apparaître aucun intermédiaire entre les quatre types jusqu'à présent connus de la matière. Liquide à coniques et liquide à fils constituent toujours deux phases parfaitement distinctes, séparées entre elles par une discontinuité absolue, comme elles sont séparées par des discontinuités absolues de la phase cristallisée et de la phase amorphe. Un

---

(1) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 71.

mélange à parties à peu près égales d'azoxybenzoate d'éthyle (liquide à coniques) et d'azoxyphénétol (liquide à fils) donne, aux hautes températures, un liquide amorphe parfaitement homogène. En abaissant la température, on voit apparaître dans ce liquide, à un premier point de transformation discontinue, les gouttes sphériques d'un liquide à fils, puis *la masse entière* passe ainsi à un liquide à fils, parfaitement identique (quant aux structures, et qualitativement) à celui que fournirait l'azoxyphénétol pur ou tout autre liquide à fils, et qui est la forme qu'adopte, à cette température, le mélange des deux corps. Plus bas, nouveau point de transformation discontinue; dans le liquide à fils, on voit paraître les bâtonnets d'un liquide à coniques, puis *la masse entière* passe ainsi à un liquide à coniques, parfaitement identique (quant aux structures, et qualitativement) à celui que fournirait l'azoxybenzoate pur ou tout autre liquide à coniques, et qui est la forme qu'adopte, à cette nouvelle température, le mélange des deux corps. Plus bas encore, l'azoxyphénétol d'abord, puis l'azoxybenzoate passent à l'état cristallisé, toujours par des transformations discontinues.

A l'ordre près, et à cela près que telle ou telle des phases intermédiaires peut disparaître, il en est toujours de même. Toujours, d'ailleurs, l'état liquide à fils correspond à des températures plus élevées que l'état liquide à coniques. Mais jamais on n'observe aucune transition entre ces quatre types généraux de la matière; jamais on ne voit autre chose que : 1° de la matière cristallisée; 2° de la matière à coniques, d'un type parfaitement constant; 3° de la matière à fils, d'un type parfaitement constant aussi; 4° de la matière amorphe. Les deux types intermédiaires peuvent manquer l'un ou l'autre, ou les deux. Mais lorsqu'ils existent, ils se montrent séparés des types extrêmes et entre eux par des discontinuités.

Les mélanges des corps stratifiés de Grandjean avec les autres liquides anisotropes montrent toujours une discontinuité absolue entre le liquide stratifié et la phase à coniques. Il peut arriver (cas des mélanges de cyanbenzal-aminocinnamate d'amyle avec l'azoxyphénétol) que le mélange, en déplaçant les points de transformation, fasse apparaître une phase à coniques que ne donneraient pas les deux corps purs. Mais dans tous les cas la phase liquide stratifiée et la phase à coniques sont entièrement distinctes, se montrent successivement, par transformation discontinue, affectent tour à tour toute la masse du mélange, et n'offrent rien qui ressemble à une transition graduelle.

Tout au contraire, ces mélanges ne montrent aucune discontinuité entre la phase liquide à fils et le liquide à plans de Grandjean. Jamais ces deux

types, en apparence si différents, ne sont représentés par deux phases distinctes. Quand on fait varier les proportions, on passe graduellement, par toutes les transitions, des propriétés du liquide stratifié (plans de Grandjean, réflexions de couleurs polarisées circulaires, virgules, stries huileuses) aux propriétés, au premier abord si différentes, des liquides à fils (plages fixées aux parois, plages à noyaux et bandes noires, axes d'enroulement filiformes). Bien qu'il reste beaucoup à faire pour comprendre le détail de ces singulières structures et pour s'expliquer comment elles peuvent se transformer l'une en l'autre, on peut dès à présent affirmer que les liquides à plans de Grandjean ne sont qu'un aspect spécial des liquides à fils, du type de l'azoxyphénétol, aspect particulier à ceux de ces corps qui ont le pouvoir rotatoire.

Il ne suffit d'ailleurs pas de mêler à un liquide à fils un corps quelconque pourvu du pouvoir rotatoire pour y faire apparaître les plans de Grandjean. Car le mélange d'azoxyphénétol et de cholestérine ne montre ni stratification ni réflexion de couleurs.

M. **B. Baillaud**, en présentant à l'Académie le Tome 16 des *Annales de l'Observatoire de Bordeaux*, fait remarquer que suivant la tradition de cet Observatoire, ce Volume contient à la fois des Mémoires et des Observations.

Imprimé par la librairie Gauthier-Villars, avec le soin et l'élégance auxquels cette maison nous a accoutumés, ce Volume est daté de 1917. L'ensemble des Mémoires compte 245 pages. Ce sont :

1° Par M. **F. Kromm**, actuellement astronome adjoint : Résumé des formules nécessaires pour le calcul d'une orbite keplérienne d'après la méthode de Lagrange exposée par M. H. Andoyer, avec une application à une première détermination de l'orbite de la planète (384) Burdigala. Une très courte Table (2 pages), à 3 chiffres et à 2 arguments, est seule nécessaire.

2° Par M. **J. Trousset**, aide-astronome : Détermination des erreurs des traits des cercles méridiens de l'Observatoire de Bordeaux; la méthode employée est celle de Bruns. M. Trousset a dû lire 3600 fois 4 microscopes et les 3600 équations contiennent 1104 inconnues liées par uue relation linéaire. Dans son Mémoire il se livre à une discussion très soignée.

3° Par M. **Ernest Esclangon**, astronome adjoint : Nouvelles recherches sur les fonctions quasi périodiques. Un Mémoire de 173 pages se terminant

par une table des matières dont la pagination composée, sans doute, pour des tirages à part, diffère de 50 de celle du Volume lui-même. M. Esclangon avait déjà donné un Mémoire sur le même sujet dans sa Thèse de doctorat.

4° Par M. J. **Trousset** : un Mémoire sur les perturbations séculaires du nœud et de l'inclinaison des petites planètes dont le demi-grand axe a une longueur voisine de 2 : complément aux résultats exposés par M. le Professeur Charlier au *Bulletin astronomique* pour 1900 et au Chapitre VII, § 12, du premier Volume de sa *Mécanique céleste*.

La seconde partie du Volume contient des observations visuelles de petites planètes et de comètes par MM. **L. Picart**, **E. Esclangon**, **F. Courty**, **M. Godard**, **M. Stapfer**, et des observations photographiques des deux planètes 387 Aquitania et 465 Bruchsalia.

Ce Volume fait honneur à l'Observatoire de Bordeaux, à son Directeur et aux astronomes dont il contient les travaux.

M. **Joubin** fait hommage à l'Académie d'un fascicule de la *Deuxième expédition antarctique française* (1908-1910), commandée par le Dr Jean Charcot : *Diatomées d'eau douce et Diatomées d'eau salée*, rédigé par M. **Maurice Peragallo** et imprimé grâce à une subvention accordée sur le *Fonds Loutreuil*.

M. J. **Andrade** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Edouard Phillips* (1821-1889).

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité de 45 votants, M. P. **Zeeman** est élu Correspondant pour la Section de Physique.

PLIS CACHETÉS.

Conformément au désir exprimé par feu **Anselme Vinée**, il est procédé à l'ouverture de trois plis cachetés reçus respectivement dans les séances

du 14 décembre 1908, 4 mai 1914, 22 janvier 1917 et inscrits sous les nos 7421, 8160, 8351.

Ces plis, ouverts en séance par M. le Président, renferment les Notes suivantes :

1° *Mémoire sur les principes du système musical;*

2° Note complétant le précédent mémoire;

3° *Sur la voix sourde chuchotée et ses rapports avec la voix ordinaire.*

(Renvoi à l'examen de M. Violle.)

CORRESPONDANCE.

Mlle **Janssen** fait hommage à l'Académie, par l'organe de M. le Président, d'une brochure intitulée : *Inauguration de la statue de* Jules Janssen, *à Meudon, le dimanche* 31 *octobre* 1920.

M. **É. Mathias** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait d'une subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1920.

Mme veuve **H. Ville** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de son mari.

MM. **M. Boule**, **L.-P. Clerc**, **Courtot**, **Pierre Jolibois**, **E. Léger**, **Martinot-Lagarde**, **Pauline Ramart**, **Alfred Rouxeau**, **Thuloup** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Pierre Waguet. *Géologie agricole du département de l'Oise.* (Présenté par M. G. Lemoine.)

2° E.-X. Lesbre. *Hybrides, hybridité et hybridation considérées principalement dans le régime végétal.*

3° Pierre Humbert. *Introduction à l'étude des fonctions elliptiques.*

4° LOUIS ROY. *Cours de mécanique rationnelle.*

5° J. MONESTIER. *Ammonites rares ou peu connues et ammonites nouvelles du Toarcien supérieur du sud-est de l'Aveyron.*

6° C. CANOVETTI. *Calcolo del titolo più economico di un gas misto di gas ricco e povero.* (Présenté par M. Lallemand.)

7° C. CANOVETTI. *Le turbine a gas motrici a propulsione.* (Présenté par M. Lallemand.)

8° H. v. ZEIPEL. *Recherches sur le mouvement des petites planètes.*

9° H. v. ZEIPEL. *L'Œuvre astronomique d'Henri Poincaré.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le Calcul différentiel absolu.* Note de M. **René Lagrange**, présentée par M. Émile Borel.

Le calcul différentiel absolu s'introduit tout naturellement lorsqu'on veut généraliser le calcul différentiel en prenant comme variables indépendantes des intégrales curvilignes

$$\omega_i = \int_{x_1^0 \ldots x_n^0}^{x_1 \ldots x_n} \sum_k a_{ik}\, dx_k \qquad (k = 1, 2, \ldots, n)$$

dans lesquelles les a_{ik} sont des fonctions dérivables du point $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, ou même des fonctions d'intégrales curvilignes, comme dans la géométrie de Weyl.

Dans ce calcul, le rôle des dx_i est rempli par les formes de Pfaff $d\omega_i$, et les dérivées premières partielles d'une expression f sont les coefficients de ces formes de Pfaff dans sa différentielle.

Ce qui caractérise une variable x_i, c'est que l'on a

$$(\delta, d)\, x_i = \delta\, dx_i - d\, \delta x_i = 0;$$

ici, s'introduisent les covariants bilinéaires

$$(\delta, d)\, \omega_i = \sum_{rs} \sigma_{rsi}\, d\omega_r\, \delta\omega_s.$$

Introduisons, au lieu des σ_{ikh}, les symboles

$$\tau_{ikh} = \frac{1}{2}[\sigma_{khi} + \sigma_{hik} - \sigma_{ikh}].$$

Si les $X_{r_1\ldots r_m}(r_i=1, 2, \ldots, n)$ constituent un système d'expressions à m indices, appelons différentielle absolue de $X_{r_1 r_2\ldots r_m}$ l'opération

$$\overline{d}X_{r_1\ldots r_m} = dX_{r_1\ldots r_m} - \sum_{ikh} \tau_{r_i kh} X_{r_1\ldots r_{i-1} k r_{i+1}\ldots r_m} \, d\omega_h.$$

La dérivée partielle absolue par rapport à ω_s est le coefficient de $d\omega_s$ dans la différentielle absolue. On peut refaire, à l'aide de ces définitions, tout le calcul différentiel sur le modèle du calcul tensoriel habituel.

Les propriétés formelles du calcul ordinaire sont, en général, conservées (parenthèse de deux opérateurs linéaires, intégrales de Stokes et de Green).

La permutation de deux différentiations absolues successives introduit des symboles τ_{hl}^{ik} analogues à ceux de Riemann :

$$(\overline{\delta, d})X_{r_1\ldots r_m} = (\delta, d)X_{r_1\ldots r_m} - \sum_{ikh} \tau_{hl}^{r_i k} X_{r_1\ldots r_{i-1} k r_{i+1}\ldots r_m} \, d\omega_h \, \delta\omega_l.$$

Ces symboles, et leurs dérivées absolues, obéissent, entre eux, aux mêmes relations que les symboles de Riemann, si les a_{ik} sont des fonctions du point $(x_1, \ldots, x_n)$; sinon la relation entre trois symboles de Riemann ne subsiste pas.

Avec ces définitions, $(\overline{\delta, d})\omega_i = 0$; $\overline{\delta d}\omega_i = 0 (i = 1, 2, \ldots, n)$ représente le parallélisme de Levi-Cività; une fonction f du point $(x_1, \ldots, x_n)$ est caractérisée par $(\overline{\delta, d})f = 0$.

Cette manière de considérer le calcul différentiel absolu m'a permis de refaire l'étude des covariants et invariants d'une variété V_n, en considérant son ds^2 comme la somme des carrés de n formes de Pfaff. Les changements de variables se réduisent aux transformations du groupe orthogonal et de groupes analogues qui s'en déduisent par prolongement. Les transformations infinitésimales de ces groupes sont simples à former.

Les propriétés de la covariance sont des conséquences des propriétés du groupe orthogonal, et la saturation des indices permet, dans un certain nombre de cas, de former tous les invariants d'une nature donnée (paramètres différentiels du deuxième ordre, invariants principaux d'une V_4).

Il est clair que les opérations absolues ont des propriétés fondamentales au point de vue de la covariance, comme dans le calcul tensoriel.

Ce calcul s'applique aussi au problème de la représentation conforme généralisée, c'est-à-dire au cas où la fonction multiplicatrice est une intégrale curviligne. Les conditions trouvées ont absolument la forme des conditions de M. Emile Cotton pour une variété du troisième ordre.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries* $\sum \frac{A_k}{z - \alpha_k}$.

Note de M. J. **Wolff**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Note, présentée le 28 novembre 1921, j'ai donné un exemple d'une série $\sum \frac{A_k}{z - \alpha_k}$ qui peut être prolongée analytiquement dans la région où les α_k se trouvent, c'est-à-dire dans le cercle $|z| = 1$. Bien que l'allure de la série à l'intérieur de ce cercle présente quelque intérêt, l'exemple est très spécial.

Voici un exemple plus général, qui montre la grande généralité de ces séries et qui répond assez nettement à la question posée par M. Denjoy, formulée dans la Note citée.

Toute fonction, holomorphe dans un domaine borné quelconque D, *est, dans tout domaine* D_1, *qui est contenu avec sa frontière dans* D, *représentable par une série* $\sum \frac{A_k}{z - \alpha_k}$, *les* α_k *étant dans* D *et la série* ΣA_k *convergeant absolument.*

En effet, il existe un domaine Δ contenant D_1, à frontière formée par un nombre fini de polygones P, et situé avec sa frontière dans D. Soit δ la distance des P à la frontière de D.

A chaque entier positif n nous faisons correspondre des polygones P_n, parallèles aux P, extérieurs à Δ, et à une distance des P égale à $\frac{\delta}{2^n}$. Les polygones P_n limitent un domaine Δ_n dont Δ fait partie. Chaque Δ_n contient le suivant Δ_{n+1}.

Soient $f(z)$ une fonction holomorphe dans D, M le maximum de $|f(z)|$ sur les polygones P_n, ce nombre ne dépendant pas de n, et soit L la limite supérieure des longueurs des P_n, ce nombre ne dépendant non plus de n. Pour z intérieur à Δ_1, on a

$$f(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{P_1} \frac{f(t)\, dt}{t - z}.$$

La remarque qui conduit à la représentation de $f(z)$ par une série de fonctions rationnelles (méthode de Runge) permet d'écrire, *pour z dans* Δ_2 :

$$2\pi i f(z) = \sum \frac{A_k}{\alpha_k - z} + 2\pi i f_1(z), \tag{1}$$

où les α_k sont des points en nombre fini sur les P_1,

$$A_k = f(\alpha_k)(\alpha_{k+1} - \alpha_k), \tag{2}$$

$f_1(z)$ est holomorphe dans Δ_2 et sa valeur absolue peut être supposée $< \frac{M}{2}$, tandis que $\Sigma|A_k| \leqq ML$.

De la même manière nous avons *dans* Δ_3 :

$$2\pi i f_1(z) = \sum \frac{A_k}{\alpha_k - z} + 2\pi i f_2(z),$$

où les nouveaux α_k sont en nombre fini sur les P_2, $f_2(z)$ est holomorphe dans Δ_3, $|f_2(z)| < \frac{M}{2^2}$ et la somme des valeurs absolues des nouveaux A_k ne surpasse pas $\frac{ML}{2}$.

En contiuuant ce processus nous aurons, pour chaque n, *dans* Δ_{n+1} :

$$2\pi i f(z) = \sum \frac{A_k}{\alpha_k - z} + 2\pi i f_n(z), \tag{3}$$

où les α_k sont en nombre fini sur $P_1, P_2, \ldots, P_n$; $f_n(z)$ est holomorphe dans Δ_{n+1} :

$$|f_n(z)| < \frac{M}{2^n} \quad \text{et} \quad \sum |A_k| \leqq ML\left(1 + \frac{1}{2} + \ldots + \frac{1}{2^{n-1}}\right) < 2ML. \tag{4}$$

Puisque D_1 est contenu dans chaque Δ_n, nous aurons dans D_1 la représentation uniforme

$$2\pi i f(z) = \sum \frac{A_k}{\alpha_k - z},$$

les α_k forment un ensemble isolé dont chaque P_n contient un nombre fini. Chaque point de P est point limite des α_k. De (4) il suit que la série $\Sigma|A_k|$ converge.

D'une manière analogue on montre que toute fonction holomorphe dans un domaine D qui contient le point à l'infini, nulle à l'infini, est, dans tout domaine D_1 qui est contenu avec sa frontière dans D, représentable par une série $\sum \frac{A_k}{z - \alpha_k}$, les α_k étant dans D et la série ΣA_k étant absolument convergente.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions quasi-analytiques de variable réelle*. Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Émile Borel.

M. Borel a donné le nom de *quasi-analytiques* aux fonctions de variable réelle non développables en série de Taylor convergente, et cependant déterminées par leur valeur et celle de toutes leurs dérivées en un point. M. Borel a été le premier, et pendant longtemps le seul, à soupçonner l'existence de telles espèces de fonctions. J'ai pu démontrer, tout au moins sous réserve d'hypothèses très larges concernant non pas la lenteur de divergence de la série α_n définie ci-après, mais uniquement la régularité de son allure, le théorème suivant :

Si $f(x)$ est une fonction de variable réelle, définie sur le segment ab et y possédant des dérivées de tous ordres et si, M_n étant le maximum de $|f^{(n)}(x)|$ sur le segment ab, la série $\frac{1}{\sqrt[n]{M_n}}$ est divergente, $f(x)$ est entièrement déterminée sur tout le segment ab, par sa valeur et celle de toutes ses dérivées en un seul point du segment.

Si $M_n < \alpha_n^{-n}$, la série α_n étant divergente, le cas des fonctions développables en série de Taylor correspond à $\alpha_n^{-1} = kn$ (k indépendant de n). Mais les formes $\alpha_n^{-1} = kn \log n$ ou $kn \log n \ldots \log_p n$ conduisent à des cas nouveaux. Désignant par (A) la première de ces hypothèses, j'indiquerai très succinctement le principe de la démonstration correspondante. Cette condition (A) offre cet intérêt qu'elle est vérifiée dans le plan complexe sur une infinité de droites partout denses parallèlement à toute direction, par les fonctions monogènes non analytiques découvertes par M. Borel.

Tout revient à établir que si $0 = f(a) = f'(a) = \ldots$, on a $f(x) = 0$ quel que soit x sur ab. En substituant à f, s'il le faut, la fonction

$$f(x) f(a + b - x),$$

on peut supposer que l'on a aussi $0 = f(b) = f'(b) = \ldots$. Soit $a = 0$, $b = 1$.

Considérons la fonction entière de ω :

$$P(\omega) = \int_0^1 f(x) e^{\omega x} dx \qquad (\omega = \omega' + i\omega'' = re^{i\alpha}).$$

Nous intégrons n fois par parties, n étant donné par $r = ekn \log n$. On a

sensiblement $n = \frac{r}{ek \log r}$. La courbe C définie par $\omega' = \frac{r}{2ek \log r}$ divise l'extérieur du cercle $r > r_0 > 1$ en deux régions R_1 et R_2, l'une à gauche, l'autre à droite de C. $P(\omega)$ tend vers zéro quand ω s'éloigne indéfiniment dans R_1. Soit A le maximum, atteint sur C, de $|P(\omega)|$ dans R_1. Dans R_2, $|P(\omega)|$ est inférieur à $e^{\omega'}$.

Soient

$$-\frac{\pi}{2} < \alpha < \frac{\pi}{2}, \qquad \log \omega = \log r + i\alpha,$$

et $H(\omega)$ la fonction égale pour $\omega' > 0$, à

$$e^{-\omega \log^{\delta} \omega} \qquad (\delta > 0).$$

Si $2ek\pi\delta < 1$, on voit que, ω s'éloignant indéfiniment dans R_2, $H(\omega)$ et $P(\omega)H^{\sigma}(\omega)$ $(\sigma > 0)$ tendent vers zéro. Le maximum de la seconde fonction dans R_2 est donc fini et atteint sur C. En faisant tendre σ vers zéro, selon le raisonnement connu de MM. Phragmen et Lindelöf, on en déduit $|P(\omega)| \leqq A$ dans R_2.

La fonction entière $P(\omega)$ est bornée. Elle est nulle au point à l'infini de R_1. Elle est donc nulle quel que soit ω. D'où, comme on l'établit dans la théorie des séries trigonométriques $(\omega' = 0)$, $f(x) = 0$ quel que soit x.

Soient $E(x)$ une fonction entière à coefficients tous positifs aussi rapidement croissante que l'on veut, $\lambda(x)$ sa fonction inverse, et $\psi(x)$ égale à $\log[\lambda(\log x)]$. Supposons que, h, $\frac{1}{h-1}$ et h_1 étant positifs et bornés, la condition $m\psi'(n) = h$ entraîne $n = m^2\psi'(m)h_1$. Alors, si $\alpha_n = \psi'(n)$, la démonstration précédente s'applique en posant

$$r\alpha_n = h, \qquad \log H(\omega) = -\omega\lambda^{\delta}(\omega).$$

Ces conditions sont vérifiées en particulier si $M_n < (kn \log n \ldots \log_p n)^n$.

Au contraire, les fonctions

$$e^{-\frac{1}{x}} = u_1^{-1}(x), \qquad e^{-u_1(x)} = u_2(x), \qquad \ldots$$

donnent des exemples de fonctions définies et non nulles pour $x > 0$ et s'annulant avec toutes leurs dérivées pour $x = 0$. Or, pour ces fonctions,

$$\alpha_n = \frac{1}{n^2}, \quad \frac{1}{n \log^2 n}, \quad \ldots.$$

La convergence de la série α_n peut être rendue aussi lente que l'on veut.

Comment seront déterminées les valeurs de $f(x)$ sur ab, au moyen des coefficients de la série de Taylor en a ? Par des séries de polynomes $P_n(x)$ dont les termes $c_{mn}x^m$ sont linéaires par rapport aux coefficients précédents. A chaque ordre de lenteur de divergence de la série α_n correspond vraisemblablement un type de polynomes P_n valable pour toutes les divergences plus promptes. Le type de Taylor correspond au cas des fonctions entières. Le type suivant correspond au cas des fonctions holomorphes et converge dans le plan complexe sur une étoile de Mittag-Leffler arrêtée par les coupures de Weierstrass de la fonction. Le type suivant correspond à l'hypothèse (A). Comme je l'ai dit plus haut, il convient aux fonctions monogènes de M. Borel. L'étoile de convergence des polynomes ne contient plus nécessairement une aire. En continuant, on a une succession transfinie de types de polynomes et de classes de fonctions quasi-analytiques.

Si l'on se donne $f(a)$ et toutes les dérivées (sur une droite) au point a, dérivées vérifiant une condition $|f^{(n)}(a)| < \alpha_n^{-n}$, et la série α_n régulière étant divergente, la fonction $f(z)$ correspondant à ces données est unique. Elle est définie, pour commencer, par sa série de polynomes du type α_n. L'étoile d'existence de $f(z)$ issue de a est formée, de ce point de vue, des rayons sur lesquels la série α_n diverge. Le point b est une singularité infranchissable si la série α_n relative à ab converge. Il y a une série de polynomes de type déterminé convergeant sur le segment ab, sauf peut-être en b.

$f(x)$ peut sur deux intervalles distincts de ab être analytique. Même si les deux fonctions analytiques correspondantes ont un domaine (W) d'existence limité par des coupures extérieures l'une à l'autre, les deux fonctions sont parfaitement déterminées l'une par l'autre et leur identité est aussi complète que celle de deux fonctions holomorphes coïncidant à l'intérieur d'une partie commune à leurs domaines d'existence.

CINÉMATIQUE. — *Sur les chaînes articulées fermées.* Note de M. **Et. Delassus**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. Soit $S_0, S_1, \ldots, S_n$ une chaîne ouverte à n articulations qui sont des vis ou, comme cas particuliers, des rotoïdes ou des glissières rectilignes; si l'on fixe S_0 et si l'on ferme la chaîne en fixant S_n, il peut se présenter plusieurs cas. Si la chaîne ouverte est à réduction, S_n ne dépendant que de $n - 1$ paramètres, la chaîne fermée sera déformable et cela en fixant S_n

dans une quelconque de ses positions. C'est une fermeture ordinaire. Si la chaîne ouverte n'est pas à réduction, la chaîne fermée n'est pas déformable, sauf peut-être si S_n est fixé dans certaines positions particulières. C'est une fermeture singulière.

Une chaîne fermée a autant de fermetures que de membres. Toutes ses fermetures peuvent être ordinaires (exemple : quadrilatère plan, c'est-à-dire système à quatre rotoïdes parallèles). Il peut exister à la fois des fermetures ordinaires et des fermetures singulières (exemple : chaîne fermée à six membres formée au moyen de deux joints de Cardan). Il peut enfin exister à la fois des chaînes dont toutes les fermetures sont singulières (exemple : système Bennett à quatre rotoïdes en hyperboloïde).

2. Toute chaîne ayant au moins une fermeture ordinaire pourra s'obtenir au moyen d'une chaîne ouverte à réduction; comme nous connaissons toutes ces chaînes ouvertes, nous pouvons considérer comme connues toutes les chaînes fermées considérées ou chaînes ordinaires.

Il reste à déterminer toutes les chaînes singulières, c'est-à-dire n'ayant que des fermetures singulières.

Des considérations relatives à l'image sphérique montrent que les seules chaînes déformables à quatre membres sont de l'une des catégories :

a. Vis et glissières rectilignes, toutes les vis étant parallèles;

b. Deux groupes de vis parallèles;

c. Quatre vis sans parallélisme.

3. Pour la catégorie *a*, on peut écrire les conditions complètes de déformabilité et, rejetant certaines chaînes ordinaires, il reste les chaînes singulières :

1° Quatre vis parallèles en rhomboïde avec la condition

$$h_1 = h_3 = \frac{h_2 + h_4}{2},$$

h_1 et h_3 étant les pas des vis aux extrémités de la diagonale-axe.

2° Quatre vis parallèles en parallélogramme avec

$$h_1 + h_3 = h_2 + h_4.$$

3° Quatre vis parallèles en contre-parallélogramme avec

$$h_1 = h_3, \qquad h_2 = h_4.$$

4° Deux vis parallèles V_1, V_3 alternant avec deux glissières rectilignes G_2, G_4 symétriques par rapport au plan V_1, V_3 et la condition

$$h_1 = h_3.$$

Pour la catégorie b, certaines conditions nécessaires pour la déformabilité montrent qu'il ne peut exister de telles chaînes.

Ces mêmes conditions, pour la catégorie c, montrent que toutes les vis doivent se réduire à des rotoïdes et quelques formules simples relatives à l'intersection de deux hyperboloïdes de révolution mobiles conduisent aux conditions définissant le système articulé Bennett.

La recherche de toutes les chaînes articulées déformables à quatre membres est ainsi complète.

4. Des considérations analogues conduisent à la détermination d'un certain nombre de chaînes singulières à cinq membres, mais, jusqu'à présent, ne fournissent pas toutes ces chaînes.

CHRONOMÉTRIE. — *Sur un chronographe astronomique de précision.* Note (¹) de MM. **Henri Abraham** et **René Planiol**, présentée par M. Villard.

Les chronographes destinés aux observations astronomiques doivent donner le centième de seconde avec une sécurité absolue. Les horloges astronomiques battant en général les doubles secondes, la détermination de l'époque d'un signal nécessite une interpolation à moins de $\frac{1}{100}$ de seconde près dans un intervalle de deux secondes. L'intervalle d'interpolation atteindrait même quatre secondes avec celles des horloges astronomiques qui suppriment un battement au début de chaque minute.

Les mouvements d'horlogerie qui peuvent être utilisés pour l'entraînement de la bande de papier d'un chronographe ne donnent pas un mouvement d'une régularité assez grande pour que l'on puisse obtenir une précision suffisante dans l'interpolation parce que l'on est obligé d'admettre que le papier se déroule d'un mouvement rigoureusement uniforme pendant chacun des intervalles de deux secondes.

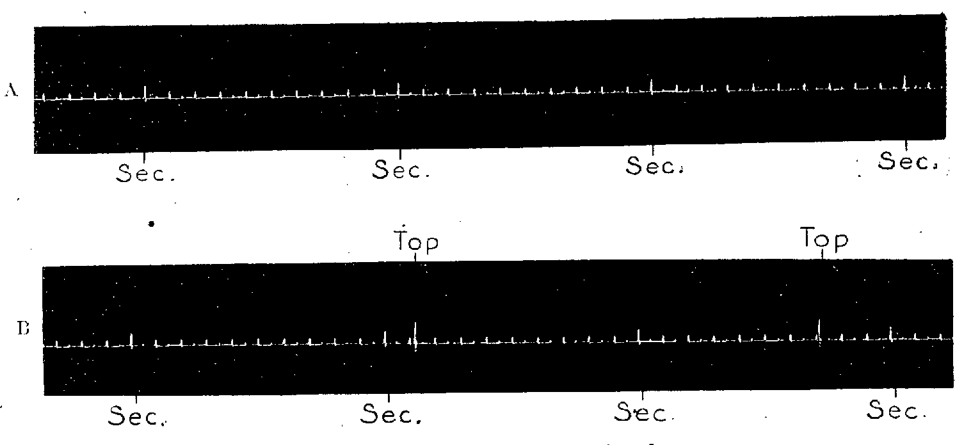
On a parfois proposé de tourner cette difficulté en inscrivant les vibrations d'un diapason en même temps que les secondes de l'horloge et les signaux électriques des observations. Cette méthode est excellente pour des observations isolées ou en petit nombre; mais elle est absolument inapplicable pour un travail quotidien portant, par exemple, sur les soirées d'observations au cercle méridien : le nombre des pointés micrométriques nécessaires deviendrait tellement considérable que le dépouillement des bandes serait, en pratique, irréalisable.

La méthode chronographique que nous allons décrire paraît devoir

(¹) Séance du 5 décembre 1921.

donner largement satisfaction aux besoins actuels des observations astronomiques; elle pourra aussi rendre certains services pour d'autres genres de mesures.

Nous proposons de fractionner le temps au moyen d'une horloge élec-



Résultats expérimentaux : A, inscription du temps;
B, inscription du temps et des signaux des observations.

trique auxiliaire qui batte exactement les dixièmes et les demi-dixièmes de seconde, pendant chaque intervalle d'interpolation, c'est-à-dire pendant deux secondes, et qui soit automatiquement remise à l'heure et relancée à chacun des battements de l'horloge astronomique fondamentale.

Les secondes de l'horloge, les dixièmes et demi-dixièmes de seconde, ainsi que les « tops » des observations sont inscrits en un tracé unique par un seul galvanomètre enregistreur. Nous utilisons comme galvanomètre le magnéto-oscillographe Abraham-Bloch. Cet appareil obéit au millième de seconde, il écrit à la pointe sèche sur une bande de papier enfumé se déroulant d'une manière contiuue, comme dans les appareils enregistreurs du Service géographique de l'armée.

Le tracé est fixé instantanément, à sec, comme nous l'avons indiqué autrefois, par un simple laminage. Nous avons mis en construction, dans les ateliers Beaudouin, un ensemble mécanique dans lequel le mouvement du laminoir qui sert au fixage produit directement l'entraînement du papier à enfumage continu.

Les battements des dixièmes et vingtièmes de seconde sont produits au moyen d'un appareil à lampes amplificatrices fondé sur le même principe

que le « multivibrateur » [1]. Nous avons aussi étudié un chronomètre mécanique à entretien électrique battant les vingtièmes de seconde. Ces deux appareils comportent des dispositifs de remise à l'heure électrique par l'horloge directrice; ils seront décrits en détails dans une publication ultérieure.

Avec ces procédés chronographiques, l'interpolation nécessitée par la détermination de l'époque d'un signal est réduite à un intervalle de temps de quelques centièmes de seconde. Le déroulement du papier est alors suffisamment uniforme pour que l'interpolation puisse se faire avec la précision désirée.

Les mesures se font sans aucun pointé micrométrique, par lecture directe. Les bandes fournies par le chronographe, dont nous soumettons quelques spécimens à l'Académie, ont l'aspect d'une règle graduée. Des divisions de hauteurs différentes marquent les secondes, les dixièmes et les demi-dixièmes. Les « tops » des observations se détachent nettement et se distinguent sans hésitation des traits de la graduation.

La précision de la lecture dépasse franchement le centième de seconde, et l'on peut, s'il est nécessaire, apprécier jusque vers le millième de seconde par lecture directe : l'emploi d'un enregistreur photographique permettra de dépasser beaucoup cette précision.

ASTRONOMIE. — *Principe et schéma du « chronographe imprimant à synchronisation géométrique »*. Note de M. **J.-Ph. Lagrula**, présentée par M. B. Baillaud.

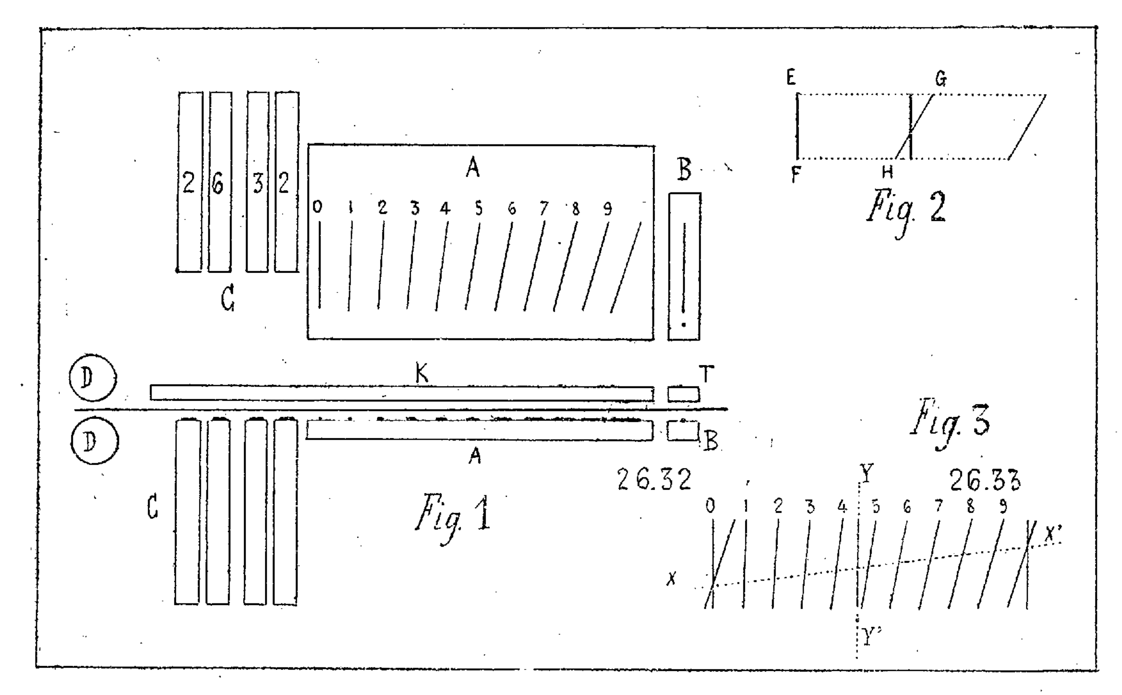
A une époque où l'on cherche à atteindre la précision du millième de seconde dans la mesure du temps, il me paraît opportun de signaler le principe d'un chronographe imprimant dans lequel les difficultés inhérentes au problème de la synchronisation mécanique sont éliminées.

Schéma. — Un compteur C (*fig.* 1) de minutes et secondes, à mouvement saccadé et dont les roues, de même diamètre, sont convenablement chiffrées en relief sur la périphérie, fonctionne, sans interruption durant la séance d'observation, au moyen d'un échappement à seconde commandé

---

(1) Henri Abraham et Eugène Bloch, *Sur la mesure en valeur absolue des périodes des oscillations électriques de haute fréquence* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1105).

par un électro-aimant qu'actionnent les battements d'une pendule. Le même électro-aimant commande aussi, mais *au gré de l'observateur*, le mouvement d'un frappeur K. Un autre électro-aimant, solidaire d'un interrupteur



électrique (top), actionne opportunément un second frappeur T identiquement disposé.

Dans le plan des frappes, c'est-à-dire tangentiellement au compteur, sont deux plates-formes fixes dont l'une, B, en regard de T, porte un simple trait en relief, et l'autre, A, en regard de K, porte, également en relief, les traits et numéros représentés dans la figure. *Ces traits constituent un faisceau plan de* 11 *droites concourantes subdivisant en* 10 *parties égales toute droite de ce plan orientée perpendiculairement au trait marqué* O. C'est précisément, suivant cette orientation, parallèlement à l'axe du compteur, que se trouve disposée longitudinalement, entre les plates-formes et les frappeurs, la bande de papier réceptrice d'empreintes au carbone, comme dans les machines à écrire.

En temps ordinaire, le papier est immobile et vierge d'inscription en regard des caractères de C, A, B; mais, quelque peu (deux ou trois secondes) avant l'envoi d'un top, en même temps que, par une commande à distance, l'observateur met en liberté le frappeur K, un dispositif simple

(non figuré) donne à la bande, en quelques dixièmes de seconde, le mouvement d'entraînement longitudinal que lui communiquent deux galets D à friction dont l'un tourne, *à peu près* uniformément, sous une action motrice quelconque, en l'espèce un petit moteur électrique marchant sur le courant d'éclairage.

Il n'y a *nulle nécessité que le mouvement* du papier *soit rigoureusement uniforme*. Je souligne, car c'est la particularité fondamentale de ce chronographe de ne comporter aucun organe de synchronisation, tout en assurant la lecture directe et rigoureuse du temps jusqu'au centième de seconde [1].

En effet, soient V et v les vitesses (par seconde) maxima et minima du mouvement d'entraînement du papier. Dans le trapèze rectangle (*fig*. 2) ayant pour côtés non parallèles le premier, EF, et le onzième trait GH du faisceau A, faisons, par construction, $EG > V$ et $FG < v$: il est clair maintenant que si l'on donne à l'appareil sa liberté d'inscription, à chaque battement de la pendule, le faisceau A laisse sur le papier une empreinte dont le premier trait tombe *toujours* sur le onzième appartenant à l'empreinte précédente. Il en résulte un X dans lequel le point de croisement définit l'origine de la seconde. Voyons maintenant comment se font l'inscription et la lecture d'un top.

Inscription. — Pour la clarté de la figure 1, j'ai rejeté sur le côté l'ensemble des pièces T et B. En réalité elles sont intercalées dans des évidements convenables des pièces K et A pratiques, au voisinage du trait O, dans une position corrigeant la petite différence de temps d'armature des électro-aimants, de manière que, pour des contacts simultanés de la pendule et du top, il y ait coïncidence entre les empreintes du trait B et du premier trait O du faisceau A.

Dans ces conditions, à un signal de temps topé à $26^{m}32^{s},46$, par exemple, correspond sur le papier un diagramme — la partie utile en est représentée figure 3 — constitué par les empreintes du compteur et du faisceau aux instants $26^{m}31^{s}$, $26^{m}32^{s}$, $26^{m}33^{s}$ et celle, YY′, du trait B à l'instant du top.

Lecture. — La minute, 26, la seconde, 32, et le dixième, 4, sont imprimés. Quant au centième de seconde, 6, on le relève, en même temps et à simple vue, *en estimant la fraction de l'intervalle longitudinal* ($2^{mm},5$ environ) *entre deux traits consécutifs du faisceau, appréciée, en dixièmes, au point de concours des deux directions* XX′, YY′.

---

[1] On pourrait aller plus loin, d'ailleurs.

Ordre de précision. — Quand le mouvement de la bande de papier est uniforme, la croisée des X se maintient à la même hauteur. C'est, pratiquement, ce que réalise de très près l'emploi d'un régulateur de vitesse. Ce mode de lecture est alors évidemment rigoureux. Il comporte encore une haute exactitude quand on suppose, comme dans la figure 3, un changement de régime. En effet, dans l'hypothèse (légitime durant une seconde) d'un mouvement uniformément accéléré et en supposant inférieur à $\frac{1}{90}$ le rapport de l'accélération à la vitesse — ce que réalisent les mouvements d'horlogerie les plus grossiers — le calcul montre que l'erreur de lecture est de l'ordre du dix-millième de seconde.

Conclusion. — Si l'on considère le débit de papier, l'enregistrement ayant lieu par discontinuité, l'emploi de cet instrument réalise une réduction considérable comparativement au chronographe ordinaire à déroulement continu. Toutefois, à cet égard, il reste encore au-dessous du chronographe imprimant de Gautier où l'encombrement est réduit à l'écriture des chiffres. Il conserve sensiblement les mêmes avantages au point de vue de la rapidité du dépouillement qui reste tout aussi clair et immédiat. Enfin il est particulièrement simple de construction et son principe géométrique le met à l'abri de toute défaillance de synchronisation.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le troisième trimestre de* 1921. Note de M. J. **Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Il y a eu 90 jours d'observations [1] dans ce trimestre, et les principaux faits qu'on en déduit se résument ainsi :

Taches. — Les taches sont en décroissance, tant en nombre qu'en étendue : on a enregistré, au total, 32 groupes et 2565 millionièmes au lieu de 39 groupes et une aire de 2864 [2].

Les changements survenus, dans leur répartition par hémisphère, sont de 2 groupes en plus au Sud, avec 16 au lieu de 14, et de 9 en moins au Nord, avec 16 au lieu de 25.

Trois formations, moindres que celle signalée dans le trimestre précédent, ont atteint la visibilité à l'œil nu :

1° La tache principale du groupe qui a paru du 2 au 13 juillet, à la latitude moyenne de $+13°$;

---

(1) Avec l'aide de Mlle Bloch.

(2) Voir *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 637.

2° Le groupe observé du 22 août au 1er septembre, à la latitude moyenne de + 10°;

3° La tache qui a traversé le disque du 13 au 25 septembre, à la latitude moyenne de + 10°.

D'autre part, le Soleil s'est montré dépourvu de taches 10 jours, au lieu de 6, d'où il résulte un nombre proportionnel croissant : 0,10 au lieu de 0,07 dans le deuxième trimestre et 0,05 dans le premier.

Régions d'activité. — Le nombre des groupes de facules a diminué d'environ un tiers, avec 112 au lieu de 161, et leur surface totale de un cinquième, avec 75,2 millièmes au lieu de 92,5.

Dans leur répartition de part et d'autre de l'équateur, on a noté 55 groupes en moins au Sud (44 au lieu de 99) et 6 groupes en plus au Nord (68 au lieu de 62).

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Juillet. — 0,00.			
26- 5	10	1,5		+13	105
30- 2	3	4,6	—10		15
6	1	5,6		+13	7
30-12	13	6,8		+ 4	141
4- 5	2	7,3		+ 7	25
2-13	12	7,8		+13	329
9-14	6	8,7	—13		79
8-14	7	12,2		+ 2	44
14	1	13,7		+13	3
12-20	9	17,5	— 5		53
19-20	2	22,1	—10		23
24-26	3	22,1	—18		3
19	1	23,7		+13	4
21	1	24,0	—11		10
21-25	5	26,5	— 6		16
25-30	6	29,1		+13	247
25- 5	12	30,9	— 9		
	31 j.		—10°,3	+10°,1	
		Août. — 0,17.			
15	1	10,5	— 8		8
11-17	7	12,7	— 1		44
18-22	5	16,8	—17		90
14-15	2	19,0		+ 4	6
16-23	8	22,0	— 6		115
26-29	4	23,5		+12	110
21-23	3	25,1		+10	12
22- 1	9	27,6		+10	263
30- 3	5	28,6	—10		27
3- 4	2	31,7		+12	12
	29 j.		— 8°,4	+ 9°,6	
		Septembre. — 0,17.			
7-14	6	9,8	—12		98
18-19	2	17,8	—14		21
13-25	13	19,2		+10	375
15-24	10	19,6	— 7		51
25-29	5	23,7		+ 8	214
	30 j.		—11°,0	+9°,0	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1921.	Sud. 90°-40°	40°-30°	30°-20°	20°-10°	10°-0°	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-40°	40°-90°	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet......	»	»	»	3	5	8	9	3	6	»	»	»	17	1119
Août.......	»	»	»	1	4	5	5	3	2	»	»	»	10	687
Septembre..	»	»	»	2	1	3	2	2	»	»	»	»	5	759
Totaux...	»	»	»	6	10	16	16	8	8	»	»	»	32	2565

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1921.	Sud.							Nord.							Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
	90°	40°	30°	20°	10°	0°	Somme.	Somme.	0°	10°	20°	30°	40°	90°		
Juillet......	»	»	»	6	6		12	9	2	6	1	»	»		21	18,[illegible]
Août........	1	1	1	4	8		15	26	5	8	4	3	6		41	27,[illegible]
Septembre..	1	2	4	3	7		17	33	7	3	3	4	16		50	30,0
Totaux....	2	3	5	13	21		44	68	14	17	8	7	22		112	75,2

RELATIVITÉ. — *Sur la relativité du temps.* Note de M. **Ernest Esclangon.**

Au point de vue de la physique, le temps n'a d'autre existence que celle qui résulte des mesures dont il est l'objet, mais des *définitions* différentes du temps se prêtent à de telles mesures et peuvent n'être pas concordantes. Cette circonstance différencie l'élément *temps* des coordonnées géométriques, de la distance de deux points situés sur un corps solide par exemple. Eu égard à la possibilité des procédés de mesure, un intervalle de temps, en un point donné, n'est pas comparable à la longueur d'un arc limité de courbe. L'intervalle de temps peut être mesuré, par une montre mécanique ou céleste, par une vibration lumineuse, mais aussi par des phénomènes biologiques ou psychiques, le battement du pouls, la durée d'une pensée (le comptage mental de nombres successifs, par exemple). Dans des synthèses en mouvement, aucune expérience n'indique que ces définitions sont équivalentes; toutes sont susceptibles de servir de base à des théories; la plus intéressante sera seulement celle qui donne le plus de simplicité et le plus de généralité aux lois de la nature.

Il reste néanmoins essentiel, dans l'expression d'une conclusion, d'indiquer quelle est la définition choisie, sous peine d'obtenir des résultats en apparence contradictoires ou paradoxaux, parce que celui qui voit le paradoxe dans une conclusion n'attache pas le même sens aux mots que celui qui a formulé la conclusion. Il est vrai que la lumière se propage avec la même vitesse dans tous les sens, cela même lorsqu'il existe un mouvement de translation. La conclusion contraire peut être exacte aussi si la définition du temps est autrement choisie.

Au point de vue purement logique, si l'on dépouille la notion de temps de tous sens absolu, il est évident qu'il suffit qu'en tout point d'un système en repos ou en mouvement, soit attachée une horloge (un numérotage arbitraire du temps) en y joignant la condition de continuité en des points voi-

sins. Ces horloges peuvent être des vibrations lumineuses (des révolutions d'élections), mais on peut en imaginer d'autres.

Soit Ox un axe, et supposons que, dans la direction perpendiculaire Oy, soit une étoile à éclipses, étoile très éloignée (infiniment). Ces éclipses sont numérotées. Pour tout point de l'axe Ox, de même que pour tout point de tout système à une dimension $O'x'$ glissant sur Ox, le temps est défini, à tout instant, par le numéro de l'éclipse aperçue à ce moment. Il ne sera plus vrai que la vitesse de la lumière, se propageant le long de Ox, sera indépendante du sens et de tout mouvement de translation.

Imaginons un observateur partant de O, se déplaçant rapidement pour aller en un point A de Ox et revenant en O. Il aura compté dans son voyage exactement le même nombre d'éclipses (le même temps) qu'un observateur immobile en O. Il est possible que sa montre matérielle ait totalisé un temps différent, que son pouls ait battu un nombre moins grand de fois, que son esprit ait enfanté moins d'idées, qu'il ait eu l'impression que les éclipses se succédaient plus rapidement, qu'il ait, en un mot, moins vécu et moins vieilli; c'est à l'expérience de le montrer. Si cela est vrai, cela indique que la mesure du temps au moyen des montres ou des battements du pouls est plus commode pour l'étude des phénomènes physiques et même psychiques et en rend la comparaison plus simple. Cela est très important, sans avoir cependant de signification absolue concernant la notion générale de temps.

Puisque la définition physique du temps peut comporter de l'arbitraire, il est clair que la simultanéité, à distance, n'a pas de sens réel. On peut se demander toutefois si l'idée de *simultanéité absolue* ne répond à aucune conception acceptable. D'après les théories relativistes, la matière ne saurait acquérir de vitesse supérieure à celle de la lumière. On peut imaginer toutefois sans contradiction des successions de phénomènes se déplaçant avec des vitesses plus grandes, que l'on pourrait mesurer. Tel pourrait être le cas de la tache lumineuse produite, sur un écran éloigné, par un phare tournant, ou la progression, sur un obstacle, de la grêle de projectiles lancés par quelque mitrailleuse hypothétique en rotation. Il n'y a pas de limite à de telles vitesses, non pas de propagation mais de progression, théoriquement mesurables : ce qui autorise la *conception* d'une vitesse de signalisation infinie, par suite la conception, semble-t-il, de simultanéité absolue, c'est au fond celle-ci qui est dans l'esprit quand on pense : « En ce moment que se passe-t-il en tel lieu? »

L'existence possible de vitesses (non matérielles mais peu importe) supé-

rieures à celle de la lumière, comparée au temps relatif qui s'introduit dans la transformation de Lorentz, conduit à la possibilité expérimentale d'une inversion continue du temps.

Imaginons un phare tournant éloigné L sur l'axe Oy, produisant sur l'écran Ox une tache lumineuse se déplaçant avec une vitesse u supérieure à celle c de la lumière. Soient maintenant $O'x'$ un écran mobile sur Ox, se déplaçant avec la vitesse $v(v < c)$, t' le temps local correspondant à t pour des positions correspondantes x' et x de la tache. L'écran allant moins vite que la tache, il est parcouru de gauche à droite par cette dernière, pour des observateurs liés à Ox.

Dans le mouvement relatif sur $O'x'$, la transformation de Lorentz donne un résultat contraire. On a en effet

$$x' = \frac{1}{h}(x - vt), \qquad t' = \frac{1}{h}\left(t - \frac{vx}{c^2}\right) \qquad \text{avec} \qquad h = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}},$$

ou, puisque $x = ut$:

$$x' = \frac{t}{h}(u - v), \qquad t' = \frac{t}{h}\left(1 - \frac{uv}{c^2}\right),$$

ou enfin

$$x' = t' \frac{u - v}{\left(1 - \frac{uv}{c^2}\right)}.$$

On voit que, si v est compris entre $\frac{c^2}{u}$ et $c(u > c)$, le rapport $\frac{x'}{t'}$ est négatif. La tache lumineuse paraîtra, pour les observateurs de $O'x'$, se déplacer de droite à gauche, réalisant une *inversion continue* du temps et correspondant à une expérience théoriquement réalisable.

Si l'on imagine la source L remplacée par une « mitrailleuse tournante », des soldats couchés le long de Ox, et de $O'x'$ *dans le même sens*, on ne peut pas dire seront, mais *se sentiront* frappés aux pieds et à la tête dans un ordre chronologique inverse, si du moins le temps local et la relativité einsteinienne du temps correspond, non pas seulement à une pure hypothèse, mais à une réalité expérimentale applicable à tous les phénomènes de la nature.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Interférence et réflexion dans un système mobile.* Note (¹) de M. **J. Le Roux**, présentée par M. G. Kœnigs.

Dans une Note précédente j'ai montré que les ondulations engendrées par un foyer mobile dans un milieu isotrope donnent lieu à la considération d'ondes d'interférence ellipsoïdales et d'un paramètre de rayonnement.

Ces mêmes éléments interviennent dans l'étude des phénomènes d'interférence et de réflexion rapportés à un système de référence S′ mobile dans le milieu considéré. A tout système S′ on peut en effet faire correspondre un ellipsoïde d'interférence et un paramètre de rayonnement, indépendamment de toute considération de foyer mobile lié à ce système.

Tout se passe comme si le système S′ *était au repos, à condition de remplacer la surface de l'onde sphérique par l'ellipsoïde d'interférence, et le temps par le paramètre de rayonnement.*

Pour un observateur lié au système S′, le milieu paraîtrait encore symétrique, au point de vue des phénomènes considérés, mais il ne paraîtrait pas isotrope, à cause de la contraction lorentzienne de l'ellipsoïde d'interférence.

Il est utile d'apprécier exactement l'importance de cette contraction, dans le cas des phénomènes lumineux, pour un observateur qui se déplacerait, dans l'éther, parfaitement isotrope, avec une vitesse de translation de 30^{km} par seconde.

Au point de vue des phénomènes de réflexion et d'interférence, l'effet serait analogue à celui que produirait, pour un observateur en repos, une diminution de la vitesse de la lumière dans le sens du mouvement de translation.

Cette diminution serait de $1^{\mathrm{m}},50$ par seconde sur la vitesse totale de $300\,000^{\mathrm{km}}$ environ.

C'est cette différence de $1^{\mathrm{m}},50$ sur la vitesse de la lumière que l'expérience de Michelson devait mettre en évidence.

Je dois signaler quelques résultats relatifs à la propagation et à la réflexion d'un train d'ondes planes, rapportées au système mobile S′. Il faut considérer comme plan d'onde le plan qui correspond à une valeur constante du paramètre de rayonnement et non à une valeur constante du temps.

(¹) Séance du 5 décembre 1921.

Le rayon de propagation (*bicaractéristique* de M. Hadamard) n'est pas perpendiculaire au plan de l'onde : il est parallèle au diamètre conjugué de ce plan dans l'ellipsoïde d'interférence. C'est ce que nous appellerons la direction *pseudo-normale*.

La loi de la réflexion sur un plan entraîné dans le mouvement de translation du système S′, pour un phénomène ondulatoire rapporté à ce système, peut s'énoncer ainsi :

Le rayon incident, le rayon réfléchi et la pseudo-normale sont situés dans un même plan. Les deux rayons sont conjugués harmoniques par rapport à la pseudo-normale et à la droite d'intersection de leur plan avec le plan de réflexion. L'onde incidente et l'onde réfléchie sont de même période dans le système mobile.

Pour que le rayon réfléchi coïncide avec le rayon incident pour un observateur lié au système mobile S′, il faut donc que la direction commune des deux rayons soit celle de la pseudo-normale au plan du miroir.

Le plan et le rayon ne sont perpendiculaires l'un à l'autre que si leur direction correspond à une direction principale de l'ellipsoïde d'interférence.

On pourrait rapporter le même phénomène à un autre système de référence S fixe ou mobile. Ce qui caractérise pour nous un système fixe par rapport au milieu isotrope, c'est que l'ellipsoïde d'interférence correspondant est une sphère. La surface réfléchissante étant liée au système mobile S′, les rayons incident et réfléchi n'ont pas un caractère stationnaire par rapport au système S. Mais il y a encore une autre différence fondamentale : c'est que l'onde incidente et l'onde réfléchie, observées dans le système S n'auraient pas la même période. Un calcul de différence de phase basé sur le chemin total parcouru par ces rayons est donc dénué de fondement.

Les résultats que je viens d'énoncer sont déduits de l'équation aux dérivées partielles de la propagation des ondes dans un milieu isotrope. Ils ne sont donc valables que dans la mesure où cette équation s'applique elle-même aux phénomènes considérés.

ÉLECTRICITÉ. — *Électrolyse par les courants vagabonds.* Note de MM. **James Chappuis** et **Hubert-Desprez**, présentée par M. H. Deslandres.

I. Les perforations observées dans une canalisation souterraine, en fer ou en plomb, s'expliquent par l'effet électrolytique produit par les courants

vagabonds lorsque cette canalisation joue le rôle d'anode, c'est-à-dire est positive par rapport aux conducteurs voisins ou par rapport au sol dans lequel elle est enfouie.

On peut aussi tenter d'expliquer ces dégâts par une action chimique dans laquelle on ferait intervenir des couples locaux dus aux impuretés du métal des canalisations.

Le choix entre ces deux causes présente une grande importance, tant au point de vue de l'établissement des responsabilités qu'au point de vue des méthodes à employer pour en éviter les effets; il semble qu'une observation attentive de la perforation, des produits de l'attaque du métal et de leur distribution sur la canalisation et dans le sol avoisinant, permettra de choisir entre ces deux hypothèses.

II. Nous avons entrepris, dans ce but, des expériences d'électrolyse dans la terre; les premiers essais réalisés dans des cuves électrolytiques quelconques, remplies de sable ou de terre prélevée dans le sol de la ville, tout en nous donnant déjà de précieuses indications, nous ont montré que la principale difficulté provenait de l'incertitude où l'on était sur le choix des points où il était utile de prélever des échantillons pour analyse.

Des résultats déjà plus satisfaisants ont été obtenus en employant des cuves plates en verre dont les faces parallèles étaient à environ trois centimètres l'une de l'autre; il était alors possible d'observer une véritable coupe du terrain où se voyaient des couches de couleurs variées entre l'anode et la cathode; des prélèvements effectués dans chacune de ces couches permettaient d'en reconnaître la nature.

III. Nous avons enfin imaginé une méthode qui nous a donné des résultats beaucoup plus complets; elle consiste à examiner aux rayons X les effets électrolytiques du courant traversant de la terre ou de la sciure de bois contenues dans une cuve en bois.

Ce mode d'investigation nous permet de suivre, d'une façon pour ainsi dire ininterrompue, la marche du phénomène et de prendre des photographies de toutes les phases intéressantes; l'ouverture d'une des faces de la cuve en bois permet ensuite l'observation directe de l'état des électrodes et de la distribution dans le sol des produits de l'attaque de l'anode; les analyses à faire sont en quelque sorte imposées et par la lecture des photographies et par l'observation directe qui se contrôlent; toutes ces opérations sont rendues des plus faciles par ce dispositif expérimental.

IV. Nous avons employé cette méthode à l'étude de l'électrolyse avec des

électrodes de cuivre, de fer et de plomb; l'électrolyte qui imbibait le sol artificiel était un sel du même métal ou une dissolution de chlorure de sodium.

Nous avons appliqué également cette méthode à l'étude d'une pile Daniel dont les cuves remplies de terre étaient imbibées respectivement de sulfate de cuivre et de sulfate de zinc; on peut, de cette façon, observer les phénomènes qui se produisent dans les piles comprenant des solides poreux imprégnés de liquides, et enfin nous avons mis en observation un prisme en ciment armé.

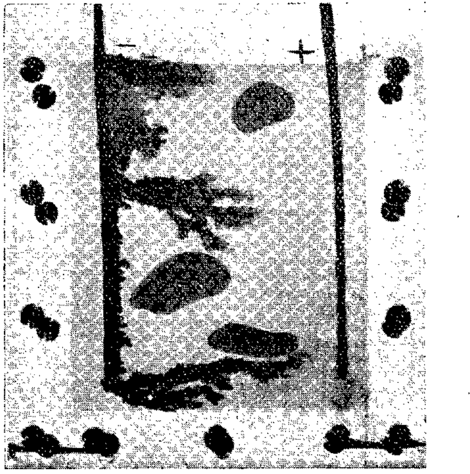


Fig. 1. Fig. 2.

Ces expériences nous ont montré que, d'une façon générale, l'électrolyse réalisée dans le sol se comporte très différemment de l'électrolyse dans un liquide; nous prendrons comme premier exemple les résultats obtenus avec le cuivre.

Dans l'électrolyse du sulfate cuivrique, SO^4Cu, avec des électrodes de cuivre, la variation de poids de la cathode est toujours très inférieure à celle de l'anode; les premières traces de métal déposé touchent la cathode sans y adhérer très fortement, puis il y a *cheminement du métal de la cathode vers l'anode jusqu'à mise en court circuit;* c'est ce que montre la figure 1 relative à cette électrolyse dans une terre contenant des cailloux; l'anode est entourée de sulfate cuivrique solide.

La figure 2 montre les effets de l'électrolyse dans une terre imbibée de chlorure de sodium, les électrodes étant en cuivre; il se forme autour de la

cathode, qui reste invariable, une dissolution de soude mélangée de chlorure de sodium.

L'anode est entourée d'une couche blanche de chlorure cuivreux CuCl, puis d'une couche verte de chlorure cuivrique $CuCl^2$; la solution de ce sel se diffuse à travers le sol et vient vers le milieu de la cuve en contact avec la solution de soude; il se fait un dépôt d'hydrate de cuivre figuré par la première courbe dessinée entre l'anode et la cathode; il semble alors que ce dépôt serve de *cathode intermédiaire*, car il s'y forme du cuivre métallique provenant de l'électrolyse du chlorure cuivrique dissous et l'on assiste au cheminement, comme dans l'expérience précédente; des courbes nouvelles prennent naissance entre la première apparue et l'anode, jusqu'à ce qu'elles viennent en contact avec l'anode; toutes sont formées, de même que la première, d'hydrate de cuivre parsemé de cuivre métallique.

Le développement de ces deux expériences a pu être suivi d'une façon ininterrompue par l'observation directe et par la photographie à l'aide des rayons X.

OPTIQUE. — *Mesure de la double réfraction dans le verre trempé.* Note [1] de M. **Taffin**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Il n'est pas toujours possible, notamment lorsqu'on étudie des verres un peu colorés, de mesurer la biréfringence sur des prismes de verre épais; on doit alors avoir recours à un compensateur très sensible permettant de mesurer de faibles différences de marche. En vue d'études sur la trempe du verre, nous avons étudié, sur les conseils de M. Henry le Chatelier, un dispositif dont le principe n'est d'ailleurs pas absolument nouveau.

L'appareil que nous avons perfectionné (*fig.* 1) se compose essentiellement d'une lame de verre à glace V, de 5^{mm}-6^{mm} d'épaisseur découpée en un rectangle de $50^{mm} \times 20^{mm}$. La lame V est prise entre deux mâchoires M_1 et M_2 d'une sorte de presse. M_1 est fixe; M_2 peut coulisser verticalement. Quatre tiges verticales C, disposées aux sommets d'un rectangle au centre duquel se trouve la lame, servent de guide à M_2.

Les mâchoires M_1 et M_2 dont les surfaces sont planes et parallèles doivent s'appliquer exactement sur les faces terminales de la lame, ce qui demande un ajustage un peu soigné. Pour avoir un contact plus parfait on intercale, entre la lame et la mâchoire, un petit rectangle de carton.

[1] Séance du 28 novembre 1921.

Un levier L, mobile autour de l'axe A, transmet à la lame V, par l'intermédiaire de la tige T, solidaire de la mâchoire M_1, un effort que l'on mesure d'une façon quelconque. Nous avons employé, à cet effet, un peson P,

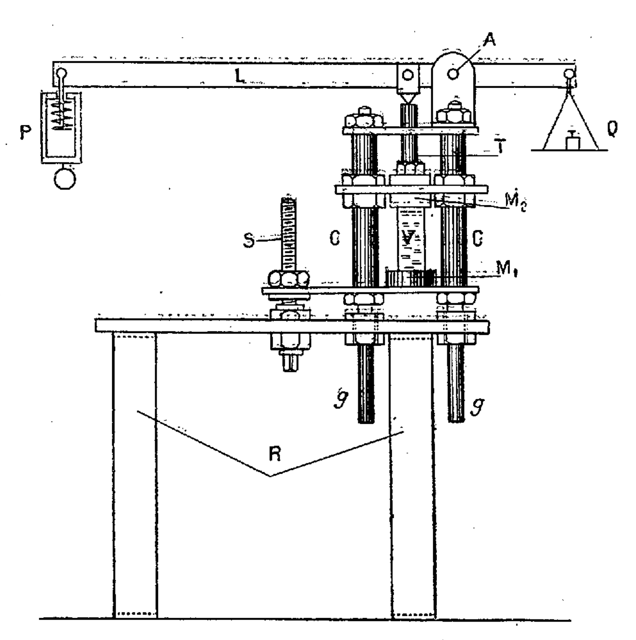


Fig. 1. — Compensateur ($\frac{1}{5}$).

gradué par quart de kilogramme. Un contrepoids Q équilibre aussi exactement que possible la masse du levier et du peson.

L'ensemble de la presse et de la balance est fixé à un support au moyen d'une vis S. La rotation de la vis permet d'élever la lame à la hauteur la plus convenable. Les tiges g, qui coulissent librement dans le support R, empêchent la rotation de l'ensemble de l'appareil.

On peut graduer le peson de façon à donner simplement F, c'est-à-dire l'effort réellement supporté par le verre.

Soient e l'épaisseur de la lame dans le sens du parcours du rayon lumineux; a sa longueur dans la direction perpendiculaire. L'effort par unité de surface que supporte la lame est $\frac{F}{ae}$. La biréfringence produite, Δ, lui est proportionnelle. Soit K le coefficient de proportionnalité. La différence de marche correspondant à cette épaisseur de verre, e, sera en $\mu\mu$:

(1) $$\delta = \Delta e = K\frac{F}{ae}e = K\frac{F}{a}.$$

Le verre à glaces employé pour nos expériences avait la composition suivante :

$$SiO^2 = 69\ \%; \quad Al^2O^3 = 0,77; \quad Fe^2O^3 = 1,23; \quad Mn^3O^4 = 0,7;$$
$$CaO = 16; \quad MgO = 0,2; \quad Na^2O = 11,83.$$

K avait pour valeur $2^{\mu\mu},43$, c'est-à-dire que la différence de marche causée par une pression de 1 kg : cm^2 dans une lame épaisse de 1^{cm} était de $2^{\mu\mu},43$.

Cet appareil nous a servi à étudier les effets optiques produits par la trempe du verre. Pour cela, nous taillons dans des blocs de verre de petits prismes de 15^{mm}, 10^{mm}, 5^{mm} auxquels nous laissons le dépoli de la meule. Puis, les saisissant par les deux faces opposées, de 15^{mm}, 5^{mm}, dans les mors d'une pince, nous les chauffons progressivement jusqu'à disparition du dépoli par glaçage de la surface. A partir de cette température, convenable pour la trempe du verre, nous laissons les échantillons refroidir à l'air. La trempe ainsi obtenue est sensiblement uniforme, d'une expérience à l'autre, la température initiale et la vitesse de refroidissement à l'air étant à peu près les mêmes pour tous les échantillons.

Pour les observations de la disparition de la double réfraction par recuit, nous plaçons le prisme de verre dans un support (*fig.* 2) constitué par un

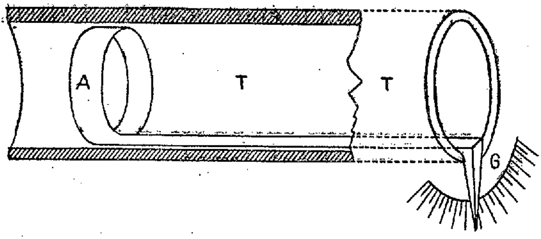


Fig. 2.

anneau A découpé dans un tube de cuivre et prolongé dans le plan d'une génératrice par une aiguille G. L'anneau était glissé dans un tube T en porcelaine d'un diamètre légèrement supérieur, dont l'axe était parallèle à l'axe de propagation de la lumière. En agissant sur G, on peut faire tourner autour de cet axe l'échantillon étudié. Une graduation fixe permet de mesurer l'angle de rotation.

Pour mesurer la biréfringence au centre du prisme, on place la lame de verre du compensateur entre deux nicols croisés dont les sections principales sont inclinées à 45° sur l'horizontale et l'on oriente l'échantillon de

telle façon que la différence de marche soit maxima. A ce moment on exerce un effort sur le peson du compensateur; on observe alors le déplacement de deux lignes noires qui séparent deux zones où les tensions dans l'échantillon sont de signe contraire. Ces lignes, initialement voisines des faces latérales et parallèles à ces faces, se rapprochent en s'incurvant; puis elles se soudent et le centre brillant du prisme de verre est entouré d'un cercle noir. Si l'on augmente l'effort sur le peson, ce cercle se rétrécit de plus en plus, et, pour un effort donné, le point central brillant disparaît. On note sur le peson la différence de marche, δ, correspondante.

Si E est le chemin parcouru par la lumière dans le prisme de verre étudié, sa biréfringence X est en valeur absolue

$$|X| = \frac{\delta}{E}.$$

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Nouvelles mesures de précision dans le spectre de rayons X.* Note de M. M. **Siegbahn**, présentée par M. Bouty.

Dès 1918, j'ai tenté d'augmenter le degré de précision des mesures spectrographiques dans le domaine des rayons X. Trois spectrographes, adaptés chacun à une région spectrale particulière, ont été construits dans ce but et étudiés. L'expérience a montré qu'il était possible d'atteindre un degré de précision inconnu auparavant. Dans le domaine des plus grandes longueurs d'ondes, une approximation, variant de 0,01 à 0,005 pour 100, a pu ainsi être atteinte. Deux de ces appareils ont pu servir à la mesure de la longueur d'onde de la ligne K_{α_1} du cuivre et ont donné :

	10^{-11} cm.
Spectrographe dans le vide	1537,36
» à longueurs d'ondes moyennes	1537,44

Ces instruments ont été utilisés ensuite pour les recherches de Hjalmar, Stenström, Coster, Leide, Stensson et d'autres. Mais la solution de certains problèmes demande une approximation encore plus grande et j'ai été conduit à faire exécuter sur les mêmes principes, un nouvel instrument encore plus précis. Le cercle est très exact (erreur maximum, 2″); il porte deux microscopes à oculaires micrométriques afin d'éliminer les erreurs d'excentricité; il donne la position de la plaque photographique dont la monture peut tourner par rapport au cercle. La fente est très fine ($0^{mm},02$ à $0^{mm},03$); elle est portée par un tube métallique vissé sur le spectrographe. La face

active de l'anticathode est horizontale et le cristal est ajusté dans son plan, qui est normal à l'axe du cercle. Le cristal peut être réglé de telle sorte que sa face réfléchissante coïncide avec l'axe de rotation à $0^{mm},001$ près. Enfin les distances fente-axe et axe-plaque (environ 180^{mm}) sont rendues égales à $0^{mm},1$ près.

Lorsque la fente est disposée très près du foyer, les raies ont une courbure appréciable. Il faut alors mesurer les distances minimum et maximum de deux raies sur la plaque. Cette courbure est celle que la théorie prévoit.

Toutefois, malgré cette très fine fente, je n'ai pu faire apparaître de structure fine dans la série K du cuivre; en particulier j'ai recherché sans succès la ligne α_3 que Duane et Stenström ont signalée dans le spectre du tungstène.

J'ai utilisé deux spécimens de calcite, l'un de clivage brut, l'autre ayant une face polie. Les lignes n'ont présenté aucune différence, que le cristal tourne ou qu'il soit immobile. Douze clichés de premier ordre ont été pris, six pour chaque cristal, la température étant contrôlée, car elle exerce un léger effet sur la distance réticulaire. Les valeurs ci-dessous ont été corrigées de cet effet.

Angle de réflexion de premier ordre de la radiation K_{α_1} *du cuivre sur la calcite.*

	Face polie.	Face clivée brute.
	14°.42′. 2″,8	14°.42′. 0″,0
	14.41.59,8	14.41.59,9
	14.41.59,6	14.41.59,2
	14.42. 1,3	14.41.58,0
	14.41.59,5	14.41.59,6
	14.42. 2,3	14.42. 5,5
Moyennes..	14.42. 0,8	14.42. 0,4

Comme on le voit, il n'y a aucune différence entre les valeurs fournies par les deux cristaux et l'on peut prendre, comme valeur définitive, la moyenne

$$14^\circ 42' 0'',6$$

avec une approximation supérieure à la seconde, c'est-à-dire à environ 0,002 pour 100 près. En admettant pour distance réticulaire de la calcite la valeur

$$\log 2d = 0,7823347$$

à 18° C., on obtient pour la longueur d'onde

$$\lambda = 1537,302.10^{-11} \text{cm}.$$

J'avais trouvé en 1918 avec le spectrographe à vide la valeur

$$1537,36$$

en utilisant le sel gemme (7 clichés de 1er, 2e et 3e ordres) et la calcite (4 clichés de 1er, 2e et 3e ordres), mais ce résultat n'était pas corrigé de l'effet thermique qui est important, surtout pour le sel gemme.

Stenström a montré que la relation de Bragg

$$n\lambda = 2d \sin\varphi$$

n'était qu'approchée et que l'on ne pouvait obtenir, pour les réflexions dans les divers ordres, des chiffres concordants. Les valeurs des angles de réflexion que j'ai obtenues pour les trois premiers ordres confirment ce résultat trouvé sur le gypse par Stenström et Hjalmar. Les angles de premier ordre calculés au moyen des réflexions de deuxième et troisième ordres par les relations

$$\sin\varphi_1 = \frac{\sin\varphi_2}{2} \quad \text{et} \quad \sin\varphi_1 = \frac{\sin\varphi_3}{3}$$

sont en effet

Deuxième ordre..............	14°	41′	55″,0
Troisième ordre..............	14°	41′	54″,2

valeurs moyennes obtenues avec quatre clichés différents.

ÉLECTRICITÉ. — *Analogies et différences entre l'effet galvanomagnétique total et son corrélatif thermomagnétique*. Note (¹) de M. A. **Sellerio**, présentée par M. E. Bouty.

Je donnerai d'abord quelques autres renseignements sur le phénomène thermomagnétique total (²) qni résulte du transversal (ou de Ettingshausen et Nernst), de l'axial et de la perturbation en présentant *une suite de mesures pour angles φ variables entre* ± 90°. Courant de chauffage 0,5 ampère, tout d'ailleurs étant comme dans la première Note.

(¹) Séance du 5 décembre 1921.

(²) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 974.

Les deux sens du champ sont désignés respectivement par ⊙ et ⊕ :

φ	−90.	−75.	−60.	−45.	−30.	−15.
Effet ⊙	+237	+208	+175	+117	+55	−12
Effet ⊕	−241	−210	−175	−122	−64	0
Effet principal	+239	+209	+175	+119	+59	−6
Perturbation	−4	−2	0	−5	−11	−12

φ	0.	+15.	+30.	+45.	+60.	+75.	+90.
Effet ⊙	−76	−134	−183	−227	−252	−260	−254
Effet ⊕	+56	+114	+158	+197	+227	+243	+242
Effet principal	−66	−124	−170	−212	−239	−251	−248
Perturbation	−20	−20	−25	−30	−25	−17	−12

Si l'on porte les valeurs obtenues comme ordonnées sur l'abscisse φ on obtient pour l'effet principal une demi-sinusoïde avec point d'inversion

$$\varphi_0 = -15^\circ.$$

L'autre moitié s'obtient par report, car les valeurs de l'effet ⊙ pour un angle φ doivent coïncider avec ceux de l'effet ⊕ pour l'angle $\varphi \pm 180$.

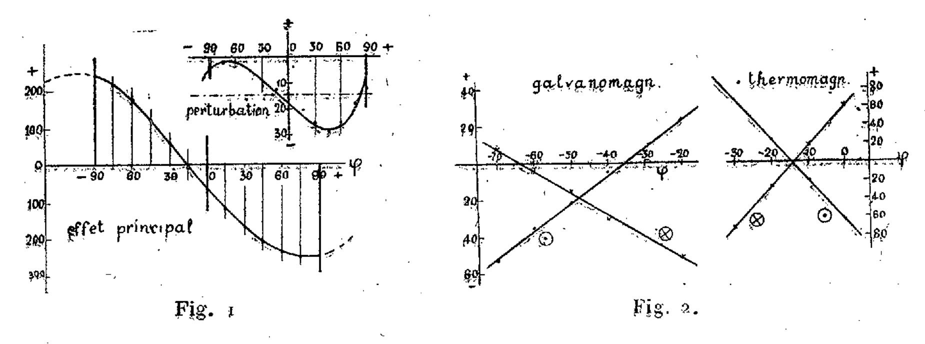


Fig. 1 Fig. 2.

La perturbation donne au contraire entre $\pm 90^\circ$, c'est-à-dire dans un intervalle de 180°, une sinusoïde entière.

Il n'en pouvait pas être autrement, car la perturbation ne s'invertissant pas avec le champ, doit être une fonction de φ à période π. Nous retrouvons ainsi les propriétés établies pour l'effet galvanomagnétique total.

Jusqu'ici, l'analogie entre les phénomènes thermomagnétiques et galvanomagnétiques est apparue complète, comme le faisaient prévoir les faits déjà connus et la théorie électronique des métaux. Mais un examen expérimental plus approfondi a présenté quelque chose de nouveau. Envoyons cette fois sur la même plaque, au lieu d'un flux de chaleur, un courant électrique, et mesurons l'effet total galvanomagnétique près des points d'inversion.

En regardant les deux figures (même champ H), on est frappé par des différences remarquables que je vais passer en revue.

a. Les deux points d'inversion de l'effet galvanomagnétique se confondent presque en un seul dans l'effet thermodynamique car *la perturbation* y est très petite.

b. En invertissant le champ, l'effet thermodynamique s'invertit presque symétriquement, c'est-à-dire qu'il conserve sa valeur absolue, au contraire de l'effet galvanomagnétique.

Cela tient à la différence *a*, entre la perturbation dans les deux cas.

c. Les points d'inversion, de l'effet thermomagnétique sont bien distincts de ceux de l'effet galvanomagnétique, c'est-à-dire pour annuler le premier il faut mettre la plaque à 14° ou 15°, tandis que pour le second il faut donner une inclinaison de 36° ou 63° selon les deux cas ⊙ et ⊕.

d. L'effet axial dans le cas thermomagnétique est bien plus petit. On a $\varphi_0 = 1,5$ (valeur absolue), $\tang \varphi_0 = 0,26$, c'est-à-dire que l'effet axial est 26 pour 100 du transversal (ou de Ettingsh. et N.). Pour l'effet galvanomagnétique en prenant la moyenne entre les deux points d'inversion 36° et 63° (la perturbation disparaît ainsi) on a $\varphi_0 \cong 50$, $\tang \varphi_0 > 1$, c'est-à-dire l'effet axial est ici plus fort même que celui transversal (ou de Hall) [1].

La différence entre les deux phénomènes galvanique et thermomagnétique peut être mise au jour d'une manière encore plus frappante, envoyant *simultanément* sur la plaque un flux de chaleur et un courant électrique.

En considérant les figures supérieures, on voit que pour $\varphi = 0$ l'effet galvanique est de sens opposé à l'effet thermomagnétique, par conséquent il doit être possible de régler les deux flux thermique et électrique de manière que les deux effets provoqués par le champ, par exemple dans le sens ⊙, se compensent pour un certain angle φ et un certain champ. Une fois cette compensation obtenue, si les deux effets ont une allure parallèle, ils doivent continuer à se compenser soit en variant l'angle, soit en renversant le champ.

Si cela n'arrive pas, les deux phénomènes ont des allures bien distinctes. L'expérience a confirmé en tout la seconde idée, comme on voit bien en consultant le Tableau qui va suivre.

Après avoir compensé par tentatives les deux effets galvanomagnétique

---

(1) Avec une autre plaque j'ai obtenu des effets axiaux soit galvanique, soit thermique plus petits. Cela tient à l'état de cristallisation, comme je l'ai démontré avec toute rigueur ailleurs (*Nuovo Cim.*, t. 22, 1921, p. 119).

et thermomagnétique pour $\varphi = 0$, je variais seulement l'angle φ ou bien le sens du champ. D'abord je mesurais le seul effet thermomagnétique en maintenant le courant de chauffage et en supprimant celui de la plaque, et aussitôt après je lisais les deux effets réunis en rétablissant le courant primaire; par différence on a le seul effet galvanomagnétique.

Ainsi les deux effets étaient obtenus dans les mêmes conditions, ce qui est toujours une bonne précaution lorsqu'on veut faire des comparaisons.

	φ.	0.	—15.	—30.	—45.	—60.	—75.	—90.
⊙	Les deux effets réunis...	0 comp.	+11	+18	+34	+40	+44	+46
	Seul thermomagnétique.	—28	— 4	+18	+43	+63	+78	+87
	Seul galvanomagnétique.	+28	+15	0	— 9	—23	—34	—41
⊕	Les deux effets réunis...	—13	—26	—38	—50	—58	—64	—66
	Seul thermomagnétique.	+22	0	—23	—44	—65	—78	—93
	Seul galvanomagnétique.	—45	—26	—15	— 6	+ 7	+14	+27

On voit que des deux effets thermomagnétique et galvanomagnétique c'est tantôt l'un, tantôt l'autre qui l'emporte, pendant que pour $\varphi = 0$ et ⊙ ils se compensent.

Il arrive ainsi ce fait singulier que près de — 15, *l'effet thermomagnétique disparaît et le galvanomagnétique se présente seul, tandis que, pour des angles voisins de* — 30 *et de* — 52 *selon les deux sens* ⊙, ⊕, il arrive justement le contraire.

Ces différences rencontrées dans la même plaque et avec le même champ sont très remarquables et prouvent qu'entre les phénomènes galvanomagnétiques et les phénomènes thermomagnétiques il n'existe pas un parallélisme parfait. On ne peut pas se dissimuler que cela est un obstacle à l'encontre de toute théorie qui tend à unifier les phénomènes thermiques et électriques dans les métaux, en les rapportant à un modèle unique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le mécanisme du rayonnement lumineux continu.* Note de M. J. **Duclaux**.

La Chimie se représente les molécules comme formées d'atomes réunis par des liens ou valences. Les réactions consistent dans la rupture et l'établissement de ces liens et dans les échanges d'énergie qui les accompagnent. L'examen des relations qui existent entre l'absorption et l'émission lumineuses d'une part, et la rupture ou l'établissement des valences d'autre part,

m'a conduit en 1914 [1] à une hypothèse que l'on peut énoncer en abrégé de la manière suivante : l'émission et l'absorption du spectre continu sont sous la dépendance de l'établissement ou de la rupture des valences chimiques. Chaque valence émet de la lumière en s'établissant et en absorbe pour se rompre. Dans le cas où les réactions sont réversibles, l'énergie rendue libre par l'établissement d'une valence est rayonnée sous la forme d'un élément $h\nu$ de lumière, et l'absorption d'un élément $h\nu$ de lumière est accompagnée de la rupture d'une valence. La fréquence de la lumière émise ou absorbée est la même pour toutes les valences de même espèce placées dans les mêmes conditions.

Cette hypothèse a récemment reçu des confirmations intéressantes.

1° *Gaz monoatomiques.* — Dans ces gaz il n'y a pas échange de liens entre les atomes, au moins sous faible pression. Ils ne peuvent donc, d'après l'hypothèse, avoir de spectre continu d'absorption.

Cette conséquence est entièrement vérifiée pour les gaz rares de l'atmosphère. Ces gaz n'ont de spectre d'absorption continu ni dans l'infrarouge, ni dans le spectre visible, ni dans l'ultraviolet.

Le cas le mieux étudié est celui de l'hélium, pour lequel les observations de Mc. Lennan vont jusqu'à 500 Å.; ensuite vient l'argon qui, d'après Lyman, est transparent de l'infrarouge à 1250 Å.; enfin les autres gaz rares de l'atmosphère ont été étudiés de l'infrarouge à 1800 Å. Entre ces limites au moins les gaz monoatomiques apparaissent comme complètement transparents, propriété qui n'appartient à aucun gaz diatomique ou composé.

2° *Gaz diatomiques.* — Dans ces gaz tous les liens sont de même espèce, D'après l'hypothèse, leur spectre d'absorption doit se réduire à une bande unique dans toute l'étendue du spectre.

Cette conséquence est vérifiée, au moins dans le cas des halogènes Cl, Br, I. Tous trois sont transparents dans l'infrarouge, ont ensuite une bande d'absorption unique et redeviennent transparents dans l'ultraviolet. La vapeur de brome en particulier est, comme on le sait depuis Cornu, complètement transparente jusqu'à 1850 Å., tandis que le brome liquide est opaque pour tout l'ultraviolet.

Pour les gaz diatomiques H^2, O^2, N^2, les données expérimentales manquent, mais ce qu'on sait est d'accord avec l'hypothèse. Ces trois gaz sont transparents de l'infrarouge jusque vers 900, 1800 et 1650 Å. environ :

---

[1] *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1879.

en ce point commence une bande d'absorption qui, dans le cas de l'oxygène, semble unique.

3° *Spectres d'émission.* — Il résulte encore de l'hypothèse que les gaz monoatomiques ne peuvent, à aucune température, émettre un spectre continu (du moins sous faible pression), mais uniquement un spectre de raies. La vérification de cette conséquence n'a pas été faite à ma connaissance, mais elle semble concorder avec les résultats généraux de la spectroscopie stellaire.

En effet, plus la température d'une étoile s'élève, plus les éléments qui la forment tendent vers l'état monoatomique. Imaginons qu'une étoile s'échauffe, tout en conservant la même densité : l'intensité du spectre continu qu'elle émet devra croître d'abord, passer par un maximum et décroître en devenant à la fin négligeable vis-à-vis du spectre de raies, pour lequel la même cause d'affaiblissement n'existe pas, sauf peut-être à température encore plus élevée.

La température du maximum ne peut pas être calculée car elle dépend de la masse et de la densité de l'étoile ; mais on peut en donner l'ordre de grandeur. Comme toutes les dissociations, la dissociation de la molécule en atomes admet une température critique ([1]) qui, pour la plupart des molécules, doit être inférieure à 10000°. Nous sommes donc conduits à placer au voisinage de ce point la température du maximum cherché.

Ces résultats concordent bien avec les données de l'expérience. Je rappellerai seulement à ce sujet que la température du Soleil (étoile à spectre continu prépondérant) est d'environ 6000°; que certaines étoiles blanches (spectre continu équivalent au spectre de raies) ont un éclat supérieur à celui du Soleil et qu'enfin la température de la nébuleuse d'Orion (spectre de raies brillantes) est d'environ 15000° d'après MM. Fabry, Buisson et Bourget.

Dans ce qui précède, le terme de spectre continu désigne bien entendu le spectre d'absorption ou d'émission ordinaire, limité par la courbe en cloche, et non le spectre continu à limite nette révélé par les rayons X.

([1]) *Soc. de Chimie physique*, séance du 28 avril 1921.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les dilatations à de hautes températures de quelques matériaux réfractaires.* Note de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

On désigne sous le nom de *matériaux réfractaires*, certaines matières très peu fusibles, telles que la silice, les argiles, la magnésie, etc. employées pour la construction de la maçonnerie des fours et des foyers.

La connaissance du mode de dilatation des matériaux réfractaires est importante pour leur choix dans la construction des fours. Ainsi les fours à marche discontinue exigent par leur construction des matières réfractaires à plus faible coefficient de dilatation que les fours à marche continue, où les variations de température sont faibles.

La dilatation de quelques matières réfractaires a déjà été l'objet d'études de MM. Henry Le Chatelier, Coupeau, Emilio Damour, etc.

Dans la plupart de ces recherches, les mesures n'ont pas été poussées au delà de 800° à 1000°. Or, les fours industriels fonctionnant, le plus souvent, au-dessus de ces températures, il était très intéressant de rechercher ce que devient la dilatation des matières réfractaires au-dessus de 1000°.

La méthode qui m'a servi pour observer les dilatations linéaires est la suivante : une éprouvette de 9^{cm} à 10^{cm} de longueur et de 3^{cm^2} à 4^{cm^2} de section, découpée dans une brique à essayer, est chauffée dans la position verticale, à l'intérieur d'un petit four de laboratoire, dont la température peut atteindre 1500°. A côté de l'éprouvette et reposant sur le même support, se trouve une tige de silice fondue, plus longue que l'éprouvette et sortant un peu du four. L'éprouvette porte sur son extrémité supérieure une autre petite tige de silice fondue, d'une longueur telle qu'ajoutée à celle de l'éprouvette, elle égale la longueur de la première tige de silice.

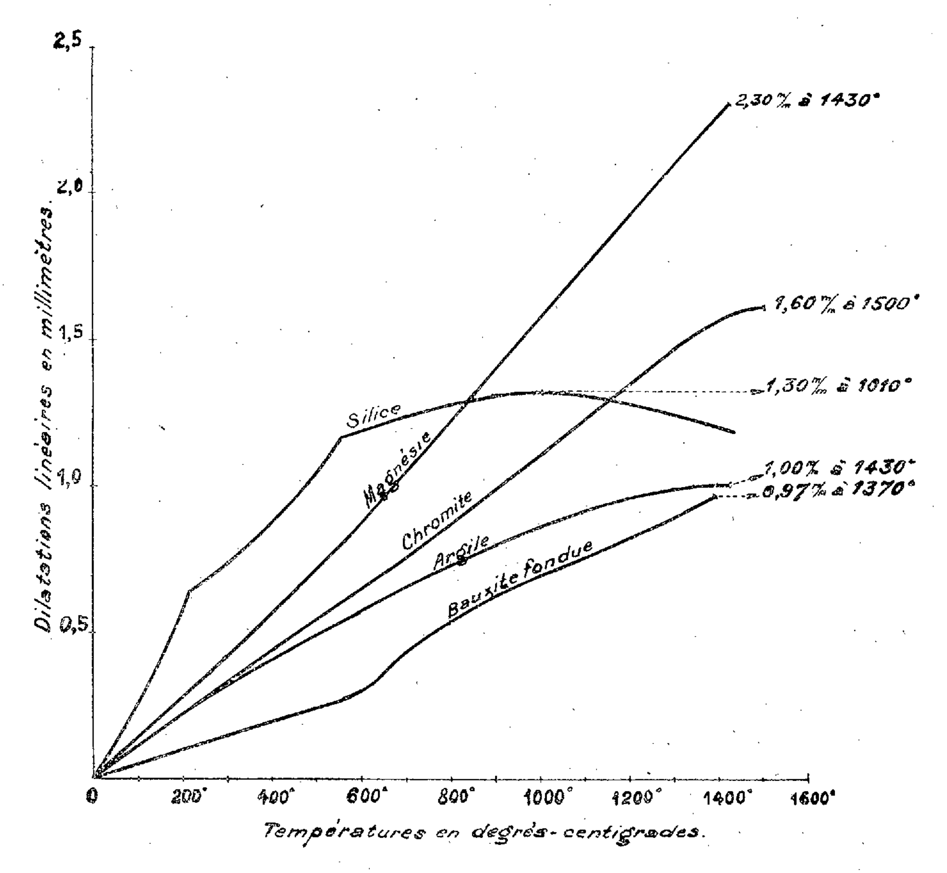
Les différences de hauteur entre les deux tiges de silice, observées au cours de l'expérience au moyen d'une lunette munie d'un micromètre, représentent les différences de dilatation entre l'éprouvette et une même longueur de la tige de silice.

La dilatation vraie de l'éprouvette est égale, à chaque température, à la différence d'allongement observée, augmentée de l'allongement de la tige de silice.

Voici la composition centésimale de quelques-unes des matières réfractaires qui ont servi à mes expériences.

	SiO^2.	FeO.	Fe^2O^3.	Al^2O^3.	Cr^2O^3.	CaO.	MgO.	Na^2O.	Non dosés.
Brique de bauxite fondue....	32,25	//	0,50	64,53	//	//	//	//	1,62
Brique d'argile............	62,49	//	0,46	21,50	//	//	//	3,75	1,80
Brique de chromite........	5,15	9,44	//	9,20	50,23	//	//	//	25,98
Brique de silice............	94,71	//	3,24		//	1,60	//	//	0,45
Brique de magnésie........	7,50	//	2,30		//	3,12	88,32	//	//

Les résultats de mes expériences sont représentés par le diagramme ci-après où, sur les abscisses, sont portées les températures et, sur les ordonnées, les allongements en millimètres rapportés à des éprouvettes de 100^{mm} de longueur.



On voit que l'allongement le plus faible se rapporte à la brique de bauxite fondue, produit très riche en alumine et pauvre en silice. C'est donc une matière réfractaire qu'on doit employer pour les fours à allure brutale, tels

que les fours à huile lourde où souvent, en moins d'une heure ou deux, la température s'élève de 0° à 1600°.

La dilatation de la brique de silice est des plus irrégulières.

Très forte jusqu'à 600°, elle devient très faible ensuite. Au-dessus de 1000°, une faible contraction succède à la dilatation. On trouve sur la courbe de la silice deux points singuliers : l'un au voisinage de 210°, l'autre aux environs de 570°. Ce sont les points de transformation de la cristobalite et du quartz. Les briques de silice sont, en effet, généralement formées d'un mélange de deux variétés de silice. On voit par là que la mise en feu des fours continus, construits avec ces briques, doit être progressive. D'après mes expériences, la vitesse d'échauffement doit être inférieure à 50° par heure, pour éviter la rupture des briques.

La dilatation des briques d'argile est intermédiaire entre celle de la bauxite et celle de la silice. C'est un fait connu que plus l'argile est riche en silice, plus son allongement est fort et irrégulier. Les briques d'argile, riches en alumine, conviennent pour les fours à marche discontinue.

Les courbes relatives à la magnésie et à la chromite indiquent de très forts allongements. Ces matières ne conviennent donc que pour les fours à marche continue. Toutefois, la dilatation de la chromite est plus faible que celle de la magnésie. Il en résulte que la première doit se comporter mieux que la seconde, au moment de l'allumage ou de l'extinction des fours. L'expérience industrielle confirme cette observation.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'entraînement de la chaux par les précipités d'oxyde ferrique.* Note de M. **A. Charriou**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note précédente [1] M. Toporescu a étudié la variation du poids de chaux entraînée par l'oxyde ferrique en fonction des concentrations des solutions en chlorure ferrique et en chlorure de calcium.

Le poids de chaux entraînée semble devoir être fonction de la concentration de chaux existant dans la solution saline, au moment de la précipitation de l'oxyde ferrique par l'ammoniaque. L'excès d'ammoniaque donnant en présence du chlorure de calcium l'équilibre suivant :

$$CaCl^2 + 2NH^3 + 2H^2O \rightleftharpoons 2NH^4Cl + CaO.H^2O,$$

[1] *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 125.

d'après la loi de l'action de masse, la concentration de l'hydrate de chaux doit varier dans le même sens que celles du chlorure de calcium et de l'ammoniaque et en sens contraire de celle du chlorhydrate d'ammoniaque. C'est ce que nous nous sommes proposé de vérifier.

Influence du chlorure de calcium. — 1° Pour les faibles concentrations, d'après M. Toporescu, le poids de chaux entraînée croît d'abord avec la concentration de la solution en chlorure de calcium pour tendre ensuite vers une limite fixe.

2° Pour les concentrations supérieures nous avons obtenu les chiffres suivants (la précipitation était réalisée en mettant en présence une quantité constante d'ammoniaque et 50$^{cm^3}$ de solution) :

Composition.

Solution.	Précipité.		
$CaCl^2$ pour 100.	CaO.	Fe^2O^3.	CaO pour 100.
3,87	0^g,0312	0^g,222	14,2
4,28	0,03168	»	14,4
4,83	0,0319	»	14,5
11,8	0,0327	»	15

L'entraînement croît très lentement avec la concentration en chlorure de calcium. Ces résultats se raccordent exactement à ceux de M. Toporescu correspondant à des concentrations plus faibles.

Influence de l'ammoniaque. — Le poids de chaux entraînée augmente d'abord avec les proportions croissantes d'ammoniaque, puis passe par un maximum et diminue ensuite.

Composition.

Solution.		Précipité.		
$CaCl^2$ p. 100.	AzH^3 p. 100.	CaO.	Fe^2O^3.	CaO p. 100.
4^g,83	2^g	0^g,0222	0^g,222	10
»	4	0,0319	»	14,5
»	6	0,0428	»	19,4
»	8	0,0532	»	24,2
»	10	0.0461	»	21,1
»	12	0,0355	»	16,1

On peut attribuer l'existence de ce maximum à ce qu'il se forme entre l'ammoniaque et le chlorure de calcium une combinaison d'addition, favorisée par une forte concentration d'ammoniaque dans la solution. Cette

combinaison diminue donc la concentration de la solution en ammoniaque et en chlorure de calcium et amène une décroissance de l'entraînement.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons mesuré les tensions de l'ammoniaque en présence de quantités croissantes de $CaCl^2$ ou de NaCl :

		Tensions en centimètres de mercure.
Solution concentrée d'ammoniaque	à 12mol par litre.............	17,6
	+ 24 p. 100 de $CaCl^2 6H^2O$.	15,5
	+ 58,5 » de $CaCl^2 6H^2O$.	13,1
	+ 17,5 » de NaCl.......	19,2
	saturée de NaCl.............	21,05

La présence du chlorure de sodium, qui ne donne aucune combinaison avec l'ammoniaque, augmente, comme on pouvait le prévoir, la tension de vapeur de la solution ammoniacale; au contraire, la présence du chlorure de calcium diminue cette même tension; cela prouve donc l'existence d'une combinaison ammoniacale avec le chlorure de calcium.

On aurait pu attribuer aussi la diminution de tension de l'ammoniaque à la formation d'un oxychlorure, mais ces derniers sont très peu solubles; or, malgré la forte proportion d'ammoniaque entrant en réaction, nous n'avons observé aucun précipité.

Influence du chlorhydrate d'ammoniaque. — Le poids de chaux entraînée diminue lentement quand la concentration du chlorhydrate d'ammoniaque augmente.

Composition.

Solution.		Précipité.		
$CaCl^2$ p. 100.	AzH^4Cl p. 100.	CaO.	Fe^2O^3.	CaO p. 100.
4^g,28	0^g,3	0^g,03168	0^g,22	14,4
»	2,3	0,0255	»	11,4
»	4,3	0,0205	»	9,33
»	6,3	0,01776	»	8,5

Conclusion. — Pour se rapprocher dans les analyses chimiques des conditions d'entraînement minimum, il faut opérer sur une liqueur très peu concentrée en chlorure de calcium et employer une quantité d'ammoniaque aussi faible que possible pour précipiter l'oxyde ferrique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les indigos halogénés.* Note de M. Grandmougin.

Dans une Note précédente (¹), nous avions étudié l'indigo octobromé, obtenu par voie synthétique, et démontré que, conformément aux prévisions théoriques, déduites de l'étude des spectres d'absorption des dérivés moins bromés, sa nuance ne devait pas être plus verdâtre que celle du dérivé hexabromé 4.5.7.4'.5'.7'.

Il est intéressant de constater que cette particularité, qui est due à l'influence érythrogyre des positions 6 et 6', peut également être vérifiée dans la série des dérivés chlorés où l'octochlorindigo est plus violet que le dérivé tétrachloré 5.7.5'.7' et, naturellement, que le penta et l'hexachlorindigo.

Il est surtout intéressant de constater que le rougissement de la nuance est provoqué par l'apparition d'une nouvelle absorption dans la région verte du spectre. Cette absorption annihile le verdissement de la nuance que provoquerait sans cela le déplacement de la raie principale dans la région rouge du spectre.

D'autre part, l'indigo tétrachloré 5.7.5'.7' est plus violet que le dérivé tétrabromé de même position, le chlore ayant une influence moins bathochromique que le brome, qui lui-même colore moins que l'iode (²).

On se rend bien compte de ces particularités en examinant le tableau suivant où nous avons consigné les spectres d'absorption de divers indigos halogénés, étudiés en collaboration avec M. Pierre Seyder.

Indigos.	Raies d'absorption en solution de xylène.		Raies d'absorption en solution de benzoate de méthyle.	
	μμ	μμ	μμ	μμ
Indigo	590,3	″	″	″
6.6'-dibromindigo	591,6	536,5	593,5	554,0
6.6'-diiodindigo	598,0	546,5	600,9	558,1
4.7.4'.7'-tétrachlorindigo	596,7	546,8	600,6	551,7
5.7.5'.7'-tétrachlorindigo	609,0	″	616,6	″
5.7.5'.7'-tétrabromindigo	613,2	″	″	″
4.4'.5.5'-dichlordibromindigo	612,5		631,3	″
4.5.6.7.4'.5'.6'.7'-octochlorindigo	606,9	555,4	604,3	555,2

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 1921, p. 982.

(²) Cette particularité se vérifie du reste encore dans d'autres groupes de couleurs, en particulier dans celui des éosines, qui sont des dérivés bromés et iodés de la fluorescéine.

Les dérivés iodés sont évidemment sans intérêt technique; si nous avons préparé le 6.6'-diodindigo, c'est précisément pour démontrer que l'influence chromogène de l'iode dépassait celle du brome et du chlore [1].

Ces dérivés halogénés en 6.6' ne peuvent être obtenus par la voie directe, à partir de l'indigo; on les prépare par des méthodes synthétiques diverses.

Dans le cas spécial, ils ont été préparés, à partir du 6.6'-diaminoindigo par la réaction de Sandmeyer.

La loi de bromuration que nous avons établie pour l'indigo se vérifie également, dans les cas que nous connaissons jusqu'à présent, pour ses dérivés.

C'est ainsi que par bromuration du 6.6'-dibromindigo on peut préparer le 5.6.7.5'.6'.7'-hexabromindigo, de même qu'à partir du 6.6'-dichlorindigo on forme le 6.6'-dichlore-5.7.5'.7'-tétrabromindigo (brevet allemand n° 195291) qui sont du reste sans intérêt technique par suite de leur nuance violette. En bromant le 4.4'-dichlorindigo, on prépare le 4.4'-dichlore-5.5'-dibromindigo (brevet français n° 409618; brevets allemands n°s 234961 et 235631) utilisé industriellement pour sa nuance bleu verdâtre qui ne change pas à la lumière artificielle.

La loi s'applique même aux dérivés aminés; ainsi le 6.6'-diaminoindigo fournit par bromuration le 6.6'-diamino-5.7.5'.7'-tétrabromindigo (qui est un colorant brun), car par désamidation on obtient le 5.7.5'.7'-tétrabromindigo.

Autant qu'on peut en juger d'après les éléments que nous possédons, la chloruration obéirait à la même loi que la bromuration, puisque la chloruration de l'indigo donne le 5.7.5'.7'-tétrachlorindigo [2]; la chloruration du 5.5'-dibromindigo le 5.-5' dibrome-7.7'-dichlorindigo [3] (brevets allemands n°s 237262, 293314).

---

(1) A un autre point de vue, nous avions pensé que cet indigo, ou plutôt l'indoxyle correspondant, pouvait se trouver peut-être dans quelques coquillages, comme le 6.6'-dibromindigo qui est le constituant principal de la pourpre antique.

(2) Cet indigo peut aussi être obtenu d'après d'autres procédés (*Comptes rendus*, t. **149**, 1909, p. 1383; t. **150**, 1910, p. 282).

(3) On peut cependant faire remarquer ici qu'il s'agit de la chloruration en présence de solvants organiques neutres; si l'on chlore en présence d'acide acétique, il se forme, par suite d'oxydation des dérivés du déhydroindigo, de sorte que l'orientation est déterminée par ce nouveau composé, qui ne dirige pas nécessairement dans les mêmes positions que l'indigo, quoique cela paraisse assez probable.

Au point de vue de la coloration il faut souligner une fois de plus l'influence prédominante des positions 6 et 6', qui se manifestent au point d'anihiler l'action verdissante des groupes voisins comme dans le 5.5'.6.6'-tétrachlorindigo (brevet français n° 440462) et dans les dérivés octohalogénés.

D'autre part on s'explique difficilement pourquoi le 4.7.4'.7'-tétrachlorindigo est seulement bleu violacé, alors que le 4.4'.-dichlore-5.5'-dibromindigo est un bleu verdâtre. Il se produit sans doute des actions conjuguées des substituants et il faut, en outre, admettre que les différentes positions ne possèdent pas la même influence chromogène. La nuance des colorants est donc la résultante de divers facteurs dont nous ne pouvons encore estimer suffisamment l'action hypsochromique ou bathochromique. Enfin il nous manque encore certains éléments d'appréciation ; une étude des dérivés 7.7', peu connus encore, serait à ce point de vue particulièrement intéressante.

En tous les cas on verra, par cet exposé, qu'il existe encore certaines difficultés pour prévoir avec certitude la nuance de nouveaux composés indigoïdes, leurs propriétés tinctoriales et leur solidité aux divers agents.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique des polyphénols par voie humide.* Note de MM. **J.-B. Senderens** et **J. Aboulenc**, présentée par M. Georges Lemoine.

L'hydrogénation catalytique du phénol et de ses homologues en présence du nickel divisé est une opération qui se fait aisément soit par voie sèche, soit par voie humide. Il n'en est plus de même lorsque la réduction porte sur les polyphénols. Lorsqu'on opère par voie sèche, on est obligé, sous peine de destruction, de se tenir à une température voisine de 130°, à laquelle ne correspond qu'une volatilité assez faible du polyphénol. C'est en opérant de la sorte que Sabatier et Mailhe ont réussi à obtenir de petites quantités de cyclohexanediols ortho, méta, para et des cyclohexanetriols 1.2.3, en partant des phénols correspondants (1).

Par voie humide, les réductions des polyphénols en présence du nickel se bornaient jusqu'ici à celle de l'hydroquinone pour arriver à la quinite,

(1) Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 1193.

obtenue par Ipatiew à 200° sous une pression supérieure à 200^{kg} (1), tandis que Brochet, dans son appareil à agitation, et en dissolvant l'hydroquinone dans le cyclohexanol, préparait cette même quinite à une température beaucoup moins élevée et sous une faible pression (2).

Or si l'on essaie d'hydrogéner par voie humide la résorcine, on constate qu'en opérant à 200° et à haute pression, on a principalement des produits de destruction, tandis qu'à basse température et sous une pression faible, même avec l'agitation, l'hydrogénation ne se fait pas.

Nous avons été ainsi conduits à opérer la réduction des polyphénols sous une pression assez forte et à une température aussi basse que possible, dans une bombe munie d'un manomètre et soumise à un mouvement de va-et-vient qui servait à l'agiter.

Dans ces conditions, 1^{kg} de résorcine, en solution dans l'alcool ou dans l'eau, a été transformé en 4 heures en cyclohexanediol-1.3. Par le même procédé, nous avons obtenu tout aussi aisément la réduction totale de la pyrocatéchine, du pyrogallol, de la phloroglucine et de l'oxyhydroquinone.

Nous nous bornerons, dans cette Note, à signaler les faits suivants relatifs aux diphénols :

Quinite. — *Cyclohexanediol*-1.4. — Sous une pression de 30^{kg}, la réduction de l'hydroquinone se fait à 130° en solution alcoolique et à 115° en solution aqueuse. Dans les deux cas on a la même quinite, qui distille sans décomposition à 247°-248° ($H = 758^{mm}$) et se prend en une marne blanche fondant à 95°.

Sous la même pression de 30^{kg} et à la température de 200° la réduction fournit une quinite absolument identique à la précédente, sans produits accessoires, ce qui montre que la transformation de l'hydroquinone en quinite offre une très large marge de température.

Résorcite. — *Cyclohexanediol*-1.3. — Opérée à 180° et sous la pression de 50^{kg}, la réduction de 1^{kg} de résorcine en solution alcoolique a donné à peine 270^{g} de cyclohexanediol-1.3, le reste étant constitué surtout par du cyclohexanol (650^{g}). On peut admettre qu'on aurait d'abord :

COH
CH CH
CH COH
CH

+ $3H^2$ =

CHOH
CH^2 CH^2
CH^2 CHOH
CH^2

Résorcine. Cyclohexanediol-1.3 (Résorcite).

---

(1) Ipatiew, *Bull. Soc. chim.*, t. 4, 1908, p. 845.

(2) Brochet, *Bull. Soc. chim.*, t. 14, 1914, p. 588.

Une partie de cette résorcite, par une hydrogénation plus avancée, perdrait 1^{mol} d'eau pour donner le cyclohexanol plus stable que la résorcite :

$$\begin{array}{ccc} & CHOH & \\ CH^2 & & CH^2 \\ CH^2 & & CH\,\boxed{OH} \\ & CH^2 & \end{array} + H^2 = \begin{array}{ccc} & CHOH & \\ CH^2 & & CH^2 \\ CH^2 & & CH^2 \\ & CH^2 & \end{array} + H^2O.$$

Résorcite. Cyclohexanol.

En nous tenant à la même pression, nous avons cherché la température minima à laquelle la dépression du manomètre de la bombe indiquerait l'absorption de l'hydrogène par la résorcine. Cette température varie, comme pour la quinite, avec le dissolvant eau ou alcool. En solution alcoolique, la réduction commence vers 120° et est rapide à 130°. En solution aqueuse, la réduction se fait lentement à 95° et rapidement à 105°.

Le cyclohexanediol-1.3 (résorcite) ainsi obtenu distille sans décomposition et sans résidu à 246°-247° ($H = 753^{mm}$). Le produit distillé donne par refroidissement une masse vitreuse fondant vers 45°. La résorcite est très soluble dans l'eau, les alcools éthylique et méthylique; un peu soluble à chaud dans l'éther, la benzine, l'éther acétique, d'où elle se dépose par refroidissement.

PYROCATÉCHITE : *Cyclohexanediol*-1.2. — Elle résulte de la réduction de la pyrocatéchine qui, sous la pression de 30^{kg}, se fait à 120° en solution alcoolique, et à 145°, sous 40^{kg} en solution aqueuse. Elle se présente sous la forme d'une masse blanche à reflets cristallins, qui fond à 72° et qui bout sans décomposition ni résidu à 229°-230° ($H = 760^{mm}$).

Elle se comporte vis-à-vis des solvants comme la résorcite.

Nous avons reconnu que les trois cyclohexanediols ainsi obtenus sont des mélanges de cis et de trans.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés de l'érythrite acétylénique*

$$CH^2OH.CHOH.C \equiv C.CHOH.CH^2OH.$$

Note de M. **Lespieau**, présentée par M. Haller.

Nous avons montré, M. Bresch et moi, que l'éther dichloré

$$CH^2Cl.CHCl.O.C^2H^5$$

réagit sur les dérivés magnésiens mixtes par son chlore secondaire, et qu'en particulier avec le dérivé dimagnésien de l'acétylène on obtenait ainsi un

liquide répondant à la formule attendue

$$\begin{array}{c} CH^2Cl - \underset{\displaystyle OC^2H^5}{\underset{|}{CH}} - C \equiv C - \underset{\displaystyle OC^2H^5}{\underset{|}{CH}} - CH^2Cl \end{array}$$

mais que ce liquide devait être un mélange de deux corps, un inactif et un racémique, car par addition de deux atomes de brome il fournit deux isomères différents, bien cristallisés, et dont l'isomérie ne paraît pas d'ordre cis et trans.

On pouvait espérer qu'il serait aisé de passer de ces éthers oxydes aux glycols correspondants, mais quelques essais faits dans cette direction ont montré qu'il en était autrement, et je me suis préoccupé d'arriver directement à ces glycols en partant de l'aldéhyde monochlorée.

L'action de celle-ci sur le dérivé magnésien de l'acétylène est fort énergique aussi convient-il d'opérer en présence d'une grande quantité d'éther. Quand on juge la réaction terminée on traite par l'eau acidulée et l'on extrait à l'éther. Après évaporation de ce solvant il reste une masse noire, visqueuse, ne donnant que des produits de destruction quand on la chauffe dans le vide de la trompe à eau.

En vue d'arriver à quelque chose de défini, et me rappelant que la fixation de brome sur l'éther mentionné au début de cette Note permettait d'arriver à des corps cristallisés, j'ai ajouté de ce métalloïde à la masse visqueuse, dissoute au préalable dans du chloroforme, m'arrêtant lorsque cette addition ne provoquait plus une élévation de la température. On a ensuite évaporé le solvant, mais il est resté une masse noire dont l'aspect était encore moins encourageant que celui du produit initial.

Néanmoins, au bout de plusieurs mois, il est apparu des cristaux, et après un séjour de quelques années sur une assiette poreuse, on a pu recueillir une quantité intéressante de ceux-ci. Pour les purifier on les a d'abord dissous dans du benzène bouillant qui les a laissés déposer un peu grisâtres; on les a ensuite redissous dans de l'acétate d'éthyle bouillant; par refroidissement on les voit alors se déposer en prismes de 4^{mm} à 5^{mm} de côté, même si l'on n'a opéré que sur peu de matière. Ces cristaux qui appartiennent au système monoclinique, et dont l'étude a été faite, fondent à 141°-142°,5. Leur composition répond à la formule

$$CH^2Cl.CHOH.CBr = CBr.CHOH.CH^2Cl;$$

on y a trouvé une proportion d'halogènes égale à 67,50 pour 100, la

théorie exigeant 67,34. Une cryoscopie acétique avec abaissement de 0°,47 a indiqué un poids moléculaire égal à 353, la théorie exigeant 343.

Comme dans le cas de l'éther diéthylique du glycol acétylénique, on devrait obtenir deux dibromures. Mais les conditions dans lesquelles on a dû opérer permettent de penser que l'un d'eux a été absorbé par la porcelaine poreuse.

Le moyen que nous venons de décrire permet bien d'arriver à un corps défini, mais il est par trop long, aussi en avons-nous cherché un autre. Le glycol obtenu dans la réaction magnésienne est la dichlorhydrine αα d'une érythrite acétylénique; il était donc à présumer qu'en le traitant par la potasse en poudre on arriverait à un dioxyde d'éthylène probablement distillable. En effet, quand on ajoute de la potasse à la masse visqueuse signalée plus haut, après l'avoir étendue d'éther, on observe un échauffement notable, et, peu à peu, il se précipite au fond du vase un magma noirâtre, tandis que l'éther devient limpide. Quand l'addition de potasse n'a plus d'effet, on décante l'éther et on le distille sous pression réduite; il passe une huile incolore de 80° à 170°, température à laquelle se produit une décomposition brusque de ce qui reste dans le ballon. L'huile rectifiée passe à 87°,5-88°,5 sous 10^{mm}, elle cristallise quand on la refroidit par un mélange de glace et de sel, sa densité à 0° égale 1,417.

Son analyse indique bien qu'on est en présence du dioxyde

$$\overset{}{CH^2}\!\!\overset{\diagup\,O\,\diagdown}{-}\!\!CH - C \equiv C - CH\!\!\overset{\diagup\,O\,\diagdown}{-}\!\!CH^2;$$

on y a trouvé, en effet, C = 65,28; H = 5,75; d'où, par différence, O = 28,97. La théorie exigerait 65,45; 5,45; 29,09. Une cryoscopie acétique, avec un abaissement de 0°,49 a indiqué un poids moléculaire égal à 109,6, la théorie voulant 110.

Ce corps se dissout dans l'eau froide à la longue, dans l'eau bouillante en quelques heures. L'évaporation de cette solution fournit des cristaux à saveur un peu sucrée.

Malgré la constance du point d'ébullition du dioxyde, il peut être formé par un mélange de stéréoisomères; son étude est poursuivie dans cette direction.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Synthèse d'un principe azoté des végétaux, l'acide cyanhydrique, par oxydation de l'ammoniaque et des hydrates de carbone, de la glycérine ou de l'aldéhyde formique.* Note de M. **R. Fosse**, présentée par M. A. Haller.

1. L'acide cyanique précède et produit l'urée, comme dans la synthèse de Wœhler :

$$CONH.NH^3 \rightarrow CO\langle^{NH^2}_{NH^2},$$

lorsqu'on oxyde, avec NH^3, non seulement les hydrates de carbone, les protéiques et les corps qui en dérivent ou qui les composent (acides aminés, glycérine, formaldéhyde, acide oxamique, formamide, etc.) [1], mais aussi plusieurs représentants des fonctions : alcool, phénol, aldéhyde, acétone, acide, amine, amide, nitrile et carbylamine [2].

2. Quel est le terme précurseur qui, dans ces expériences, produit l'acide cyanique? Ce ne peut être que l'acide cyanhydrique.

On sait, en effet, avec quelle facilité les cyanures se transforment en cyanates, soit par voie sèche (Liebig, Wœhler, Wurtz, Bell), soit par voie humide (Masson, Reychler, Volhard, Ullmann, Paterno, etc.).

3. Tandis que l'acide cyanhydrique se forme souvent dans l'oxydation nitrique de substances non azotées (Gill et Meusel, Buols, Evans et Desch, Seyewetz et Poizat, etc.), on n'a jamais pu, par contre, l'obtenir par l'action de réactifs oxydants sur l'ammoniaque et les corps sans azote. C'est en vain que nous avons cherché, durant plusieurs années, à le déceler dans nos réactions d'oxydation, productrices de carbimide et de carbamide.

Après nombre d'essais infructueux, ce nitrile nous est apparu à l'état de traces, puis nous avons, enfin, découvert les conditions qui permettent de stabiliser, d'isoler aisément et de doser, parfois, en quantités notables, ce terme intermédiaire, demeuré si longtemps insaisissable.

Pour atteindre ce but, nous provoquons l'oxydation en présence d'un sel d'argent ou de mercure.

---

(1) R. Fosse, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 320, 908, 1164; t. 169, 1919, p. 91; t. 171, 1920, p. 635, 722; t. 172, 1921, p. 161; *Annales Inst. Pasteur*, 1920, p. 715-762; *Bull. Soc. chim.*, 1921, p. 158-203.

(2) R. Fosse et G. Laude, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 684, 1240; t. 173, 1921, p. 318.

4. *Synthèse de l'acide cyanhydrique par oxydation de principes naturels en présence de sel d'argent :*

a. La solution de *glycérine* (1^g) et de nitrate d'argent ($0^g,5$) dans de l'ammoniaque concentrée (15^{cm^3}), reçoit, en plusieurs fois, du permanganate de potassium pulvérisé (9^g). On triture et réduit l'excès du réactif oxydant à l'aide d'ammoniaque concentrée, on essore et acidule par l'acide nitrique. Le précipité, lavé, chauffé avec du chlorure de potassium dissous, donne une liqueur produisant avec intensité les réactions du bleu de Prusse et du sulfocyanate ferrique.

b. Même résultat positif en traitant par le permanganate calcique et le nitrate d'argent, en solution ammoniacale : le *glucose*, la *dextrine*, l'*amidon*, la *cellulose* en solution dans la liqueur de Schweitzer, la *glycérine* et la *formaldéhyde*.

5. *Synthèse de l'acide cyanhydrique par oxydation de la glycérine et de l'aldéhyde formique en présence d'oxyde ou de sel de mercure.* — Du permanganate de potassium pulvérisé (9^g) est ajouté à de la glycérine (1^g) dans de l'ammoniaque concentrée (15^{cm^3}), tenant en suspension de l'oxyde de mercure (1^g). Après décoloration par l'ammoniaque (10^{cm^3}), on essore et chauffe la liqueur avec du zinc et de l'acide sulfurique dans un appareil distillatoire. Le liquide obtenu produit les réactions de l'acide cyanhydrique.

6. *Dosages de* CNH, *formé par oxydation permanganique, en milieu argentico-ammoniacal, des hydrates de carbone, de la glycérine et de la formaldéhyde.* — L'acide cyanhydrique a été titré par la méthode de Denigès, dans le produit de la distillation des liqueurs d'oxydation, additionnées de HCl :

Matière.	Poids.	NH^3 à 22°.	NO^3Ag.	$(MnO^4)^2Ca$.	NH^3 pour décolorer.	Durée d'introduction du permanganate en minutes.	Température maxima.	HCN formé pour 100^g de matière.
	g	cm³	g	g	cm³		°	g
Glucose	1	20	1,5	10	20	»	35	0,97
Saccharose	1	20	1	20	20	»	60	0,86
Amidon	0,5	10	1	5	10	30′	30	0,86
Amidon et CO^3Cu	0,5	10	1	5	10	30	50	1,6
Dextrine	0,5	10	1	6	»	55	»	0,97
Dextrine et CO^3Cu	0,5	10	1	6	10	»	»	1,62
Cellulose	0,5	20	1	6	»	35	40	1,72
Glycérine	1	65	1	25	»	25	»	3,61
Trioxyméthylène	1	25	3	20	15	»	20	8,58

L'aldéhyde formique manifeste donc une aptitude exceptionnelle à engendrer l'acide cyanhydrique. Ces résultats sont en harmonie avec la faculté qu'il possède de produire des quantités considérables d'acide cyanique et d'urée dans les expériences que nous avons précédemment décrites.

7. Ainsi, la destruction par oxydation énergique, la combustion par voie humide, ou, s'il est permis de s'exprimer ainsi, la respiration *in vitro* des principes carbonés naturels, *riches en oxygène* et *sans azote*, engendre une substance, *dépourvue d'oxygène* et *renfermant de l'azote*.

Pour expliquer la présence si souvent constatée de l'acide cyanhydrique dans les plantes (Robiquet, Boutron-Charlard, Dunstan, Henry, Jorissen, Greshoff, Treub, Guignard, Bourquelot, Bertrand, Hérissey, Danjou, Laurent, Powwer, Lees, etc.), on n'a proposé que des phénomènes de *réduction*, en prenant comme source d'azote, les nitrates, et de carbone, soit la formaldéhyde (A. Gautier), soit les hydrates de carbone (Ravenna).

Nos expériences nous conduisent à penser que ce terme, intermédiaire entre l'azote minéral et l'azote organique, qui, d'après Gautier et Treub, engendre les protéiques végétaux, peut *aussi* se former dans la cellule de la plante, en dehors de l'acte chlorophyllien, comme dans nos expériences, grâce à un phénomène d'*oxydation*, aux dépens de la formaldéhyde ou des hydrates de carbone, d'une part, et de l'ammoniaque ou de ses produits d'oxydation incomplète, d'autre part (1).

La formation par la cellule végétale de l'ammoniaque, qu'on trouve d'ailleurs dans tous les tissus animaux, s'appuie sur les phénomènes de réduction, subis par les nitrates dans les plantes (Schlœsing fils) et s'accorde, en outre, avec la propriété de ces êtres vivants d'assimiler indifféremment l'azote nitrique ou l'azote ammoniacal (Müntz, Mazé).

Puisque l'acide cyanhydrique est un produit *instable* de l'oxydation de l'ammoniaque et des principes carbonés naturels précités, il est permis de se demander si ce puissant agent de synthèse ne prend pas transitoirement naissance dans la respiration des végétaux et des animaux, pour disparaître aussitôt en créant de nouveaux principes et de nouveaux tissus.

---

(1) La réduction des nitrates conduirait à l'hydroxylamine, d'après Bach, ou au radical nitrosyle, d'après Baudisch.

GÉOLOGIE. — *Sur une chute de météorites en Cochinchine.* Note de MM. **Charles Jacob** et **Marc Removille.**

Une chute de météorites s'est produite en Cochinchine le 30 juin 1921. Les autorités administratives locales ont pris l'heureuse initiative de procéder à une petite enquête au sujet de ce phénomène et de recueillir les fragments retrouvés. Deux belles météorites parvinrent ainsi au Service géologique à Hanoï, où elles ont été examinées et où elles sont conservées.

La première provient du village de Tuan Tuc, dans l'ouest de la province de Soc Trang; elle pèse $10^{kg},850$, avec une densité de 3,48; elle est limitée partiellement par des cassures fraîches; la surface initiale, conservée sur une moitié de l'échantillon, est arrondie, mamelonnée et recouverte d'un enduit noirâtre, d'une sorte de pellicule discontinue, qui laisse voir dans les intervalles la matière même avec sa teinte gris jaunâtre.

Le rapport des notables du village indique que : « Le 30 juin, vers 3^h du soir, on a entendu trois détonations en l'air, la première aussi forte que le canon, les deux autres plus faibles; ensuite, on a perçu un bruit comme celui d'un bateau à vapeur, passant au-dessus du village;... un cultivateur qui labourait sa rizière est venu prévenir qu'il avait vu tomber des corps sur trois endroits rapprochés l'un de l'autre;... d'un des trous, large de 3^{dm}, profond de 1^m, ont été sortis deux morceaux dont l'un aussi gros qu'une noix de coco (c'est l'échantillon parvenu au Service Géologique);... en un autre endroit, on a signalé qu'il était tombé deux morceaux de pierre. »

L'autre météorite est tombée le même jour (l'heure n'est point précisée) au village de Vinh Luoc, dans le sud de la province de Rach Gia, à 40^{km} environ du point de chute de la précédente. Une détonation a été perçue ; un seul trou a été constaté, dans lequel a été recueillie la météorite en question. C'est un galet aplati de 16^{cm} dans sa plus grande largeur ; il pèse $2^{kg},330$; sa surface extérieure, tout entière initiale, offre l'aspect de la météorite de Soc Trang.

Examinées de plus près, les deux météorites sont de composition identique. A l'œil nu, ou mieux à la loupe, on y distingue des particules métalliques se dégageant sur un fond pierreux, dans lequel de place en place se constatent des sphérules, des *chondres*, blanchâtres, atteignant 3^{mm} de diamètre. Au microscope la partie métallique correspond à des grains ramifiés, formant comme l'ébauche d'un réseau, très lâche et discontinu, dans les interstices de la matière pierreuse ; elle occupe une proportion de l'ordre du vingtième sur la surface des préparations. La matière pierreuse paraît exclusivement formée par de l'enstatite ; les cristaux en plages importantes sont exceptionnels ; la structure est surtout microgrenue ; mais souvent aussi les cristaux forment des faisceaux de baguettes articulées, qui peuvent, dans les chondres, se grouper en bouquets fibroradiés divergeant d'un point excentrique.

Une étude chimique sommaire de la météorite de Soc Trang, conduite par M. Removille au Laboratoire de Chimie de la Direction des Mines, a séparé grossière-

ment, à la porphyrisation, la partie métallique de la partie pierreuse. Pour la partie pierreuse, l'analyse fournit : silice, 45,0; fer métallique, 15,2; alumine, 4,1; chaux, 2,1; magnésie, 24,3; soufre, 1,6. Les proportions relatives de la silice, de l'alumine et de la magnésie sont bien celles d'un pyroxène rhombique. La haute teneur en fer, qui serait forte pour l'enstatite, de même que la présence du soufre, s'explique par un mélange de la partie métallique. Dans celle-ci ont été reconnus le fer, le nickel, le soufre et des traces de cuivre.

Les deux météorites de Soc Trang et de Rach Gia, qui résultent, selon toutes probabilités, de l'explosion d'un même bolide, le 30 juin, au-dessus de la Cochinchine méridionale, sont donc des *sporadosidères* typiques suivant la terminologie de la classification de Daubrée.

GÉOLOGIE. — *Le bord méridional du Flysch nord-pyrénéen entre la vallée d'Aspe et celle du Saison.* Note de M. **Pierre Viennot**, présentée par M. Pierre Termier.

Peu après l'édition de la feuille de Mauléon de la Carte géologique de France, M. Léon Bertrand [1] publiait une étude critique de cette feuille basée sur l'examen de la forme des contours et des coupes fournies par ses auteurs. Il concluait, en particulier, que le Flysch cénomanien nord-pyrénéen a dû être amené par un chevauchement au-dessus des couches qui en forment le substratum sur toute la longueur de son contact sud ; il s'agissait donc là d'une superposition tectonique, et non stratigraphique.

Au cours des études géologiques que j'ai entreprises dès l'été de 1920 dans les Pyrénées occidentales françaises, je me suis proposé, en particulier, d'analyser en détail le contact méridional du Flysch nord-pyrénéen, afin d'en préciser la nature. A cet effet, j'ai suivi le bord du Flysch sur une longueur de plus de 50^{km}, depuis la vallée d'Aspe jusqu'au delà de la vallée du Saison, d'une part, et, plus à l'Ouest, depuis la région de Jaxu jusqu'à celle d'Hélette-Armendarits. Je projette de combler par la suite la lacune que j'ai laissée dans la région intermédiaire (Sud de Saint-Just-Ibarre); là, d'ailleurs, les contours de la feuille de Mauléon ne laissent guère de doute sur le caractère anormal du contact. Dans cette Note, je me propose seulement d'exposer les résultats de mes explorations entre la vallée d'Aspe et celle du Saison.

(1) Léon Bertrand, *Bulletin de la Société géologique de France*, 4e série, t. 11, 1911, p. 122 et suiv.

Dans ce secteur, le contact se fait, dans l'ensemble, entre les schistes de l'Albien, très généralement noirs, et le Flysch de couleur plus claire, qui présente des bancs de grès et même de conglomérat à divers niveaux. Toutefois, *plusieurs lames de terrains plus anciens se montrent, écrasées, dans ce contact, et sont particulièrement instructives.*

Près de la vallée d'Aspe, le Flysch entoure l'extrémité occidentale de l'anticlinal d'Asasp. En effet, la roche verte très serpentinisée qui affleure largement entre le Col d'Urdach et le Col d'Etche ne sort pas au milieu du Flysch comme l'indique la Carte, mais elle fait partie du complexe de l'anticlinal d'Asasp. Si l'on suit le contour de cette roche, on observe qu'au NE de l'affleurement, elle est directement en contact avec le Flysch par une ligne très simple à peu près droite, tandis qu'au SW s'interpose, entre la roche verte et le Flysch, une bande de *schistes métamorphiques d'allure paléozoïque* atteignant en certains endroits 200^{m} de large; au Nord d'Issor, les couches jurassiques de l'anticlinal d'Asasp viennent se terminer, en se laminant, entre ces schistes métamorphiques et le Flysch affleurant au Sud et à peu près vertical. L'anticlinal d'Asasp se prolonge donc à l'Ouest jusque vers Ance, et, à son extrémité occidentale, il nous apparaît comme un bourrelet jaillissant au milieu du Flysch et poussé au Sud avec lui.

Entre Issor et Arette, le contact, qui se fait dorénavant entre Albien et Cénomanien, longe la route presque continuellement. Au lieudit Bécari apparaît, au Sud de la route, dans le lit du ruisseau qui vient du Col Lacq, un mince affleurement d'une *roche verte* très mylonitisée, accompagnée d'un mince filonnet de chalcopyrite; l'ensemble a moins de 10^{m} de largeur et se montre entre les schistes albiens de direction NW-SE et le Flysch cénomanien de direction EW, les pendages étant d'ailleurs voisins de la verticale. Si, à Bécari, on traverse la route vers le Nord, et si l'on remonte le petit ruisseau parallèle à la route en restant sur sa rive gauche, on voit s'insinuer entre l'Albien et le Cénomanien une bande d'*argiles bariolées triasiques*, dont la confusion avec le Flysch plus ou moins rubéfié n'est nullement possible; ces argiles, de tons jaunes, verts et violacés, s'accompagnent, à 1500^{m} environ de Bécari, d'une *roche verte* qui paraît bien être une ophite à grain très fin. La lame triasique, dont la largeur ne dépasse jamais 100^{m}, se suit sans discontinuité sur plus de 1^{km}.

Entre Arette et Aramits, on retrouve, pincé dans le contact Albien-Flysch, un petit lambeau d'*argiles bariolées du Trias* à 300^{m} au NE de la ferme Moura.

Dans la région au Nord de Laune, la limite entre l'Albien et le Flysch devient moins distincte, à cause d'une très grande analogie locale de faciès et même de coloration. Il me semble toutefois à peu près certain que l'*ophite* affleurant au Nord du Col de Plaisance est triasique; elle apparaît sous forme d'une lame allongée EW au milieu des couches schisteuses, qui plongent nettement au Nord, et l'on observe tout près d'elle un mince affleurement de *calcaire dolomitique* qui me semble devoir être rapporté avec beaucoup plus de probabilité au Trias ou au Jurassique qu'au Crétacé.

Le contact Albien-Cénomanien se continue ensuite, sans anomalies apparentes, jusque sur le flanc Sud du Pic d'Eréteu et il y plonge nettement au Nord, ainsi que le montre l'allure des contours. A partir de là, le contact tourne au NW vers Gotein et montre toute une *série de lames* analogues, qui acquièrent de plus en plus d'importance à mesure qu'on s'avance vers Gotein. Il faut remarquer tout d'abord que la partie haute du Pic d'Eréteu, jusqu'au soubassement albien, est constituée par une épaisseur de plusieurs centaines de mètres de conglomérats cénomaniens, et que cette puissante formation s'y trouve localisée. Cette particularité me semble s'expliquer beaucoup mieux par une suppression tectonique des conglomérats dans le voisinage que par une formation sur place qui eût été si étroitement limitée. Dès le Col de Sustary se montrent, le long du contact, de minces affleurements d'*ophite*, parfois de simples blocs mylonitiques. A 1800^m au NE de Trois-Villes affleure, en un rocher à pic, un *calcaire dolomitique* gris, que l'on doit rapporter à la Dolomie jurassique ou peut-être au Trias. En suivant le contact vers le Nord, on voit ce calcaire dolomitique faire place à un affleurement linéaire de *calcaire noir à veines roses du Lias*, se prolongeant par des *argiles violacées du Trias*, puis par une mince bande d'*ophite*. A l'Est de Saint-Étienne se montrent de nouveau les *argiles triasiques*, avec *cargneules*, bordées cette fois par des *calcaires liasiques* et des *dolomies jurassiques,* en disposition anticlinale à la ferme Cocostéguy. Très vite, d'ailleurs, les couches jurassiques se laminent et disparaissent, la bande triasique axiale se poursuivant au NW vers Gotein, et prenant dès lors une grande extension. Son affleurement a été indiqué trop schématiquement sur la feuille de Mauléon; il s'étend en réalité jusqu'au village même de Gotein (hameau de Gacicoix), englobant la petite tache d'*ophite* marquée sur la carte dans le Flysch. Cet affleurement se compose essentiellement d'*ophite* et d'*argiles bariolées du Trias,* mais présente dans le détail, tant sur ses bords qu'à son intérieur, bien des particularités intéressantes au point de vue structural. C'est ainsi

que des lames de *calcaire liasique* et de *dolomie jurassique* se rencontrent en pleine ophite dans la vallée du ruisseau qui, venant d'Errilé, rejoint le Saison tout près d'Asley; de minces bandes de *dolomie jurassique* noire séparent les schistes albiens de l'ophite (l'une de ees bandes est très apparente à 600^m au NW de la côte 319). Dans l'ensemble, les couches albiennes et cénomaniennes, très redressées, plongent au NE. — Sur la rive gauche du Saison, le Cénomanien repose sur l'Albien sans anomalies apparentes.

La présence de ces nombreuses lames exotiques le long de la bordure méridionale du Flysch nord-pyrénéen dans le secteur que je viens d'analyser prouve le caractère anormal de ce contact. C'est la base tectonique d'une nappe, ou tout au moins d'un bourrelet du Flysch, apparemment poussé au Sud sur les terrains d'âge antérieur.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique hercynienne des Vosges.* Note de M. **Jean Yung**, présentée par M. Émile Haug.

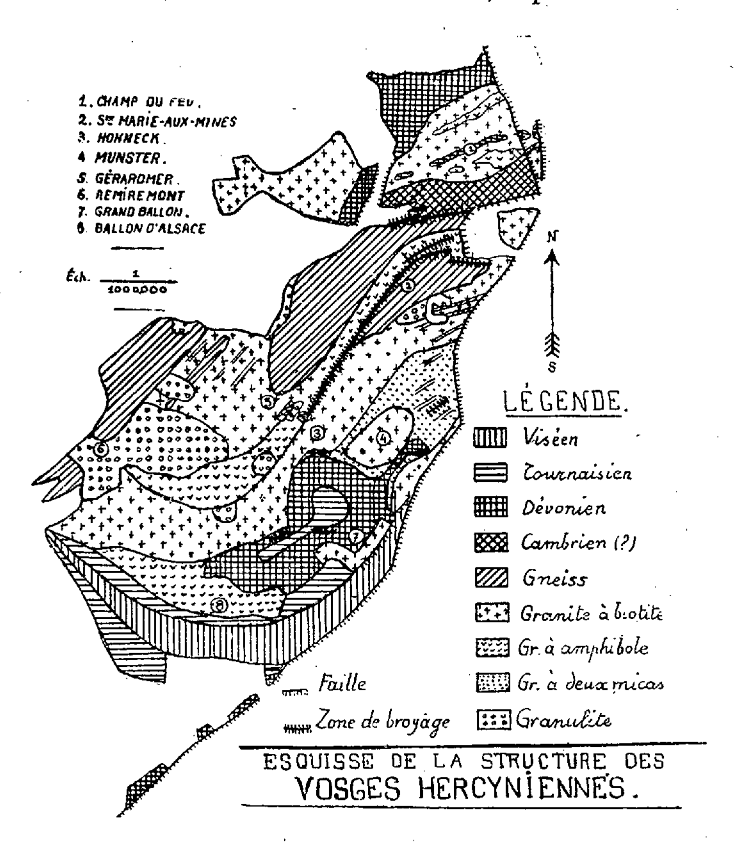
Les Vosges hercyniennes sont constituées par des lambeaux de gneiss et de terrains primaires, que séparent de vastes espaces de granite. La distribution irrégulière de ces lambeaux, la variabilité de leurs directions de plissement, l'étendue des aires granitiques qui les séparent ont empêché jusqu'à ce jour la mise en évidence de la tectonique générale du massif. Des observations de détail faisaient admettre à la plupart des géologues régionaux allemands que le granite est postérieur à la phase orogénique. Albert-Michel Lévy, au contraire, montrait que le métamorphisme n'atteint jamais le Viséen, et que, par conséquent, il est vraisemblable que le granite lui est antérieur. Enfin, en 1913, von Seidlitz indiquait la présence de mylonites dans tout le massif des Vosges et, en particulier, dans le granite.

L'étude de détail des granites montre, non seulement que ceux-ci sont pris dans le plissement, mais aussi qu'on peut y retrouver la direction de ces plis. Les divers granites des Vosges ne forment pas des massifs indépendants, placés au hasard. La répartition des différentes variétés met, au contraire, en évidence des directions générales de plissements, qui permettent de réunir, en un même ensemble tectonique, les différents lambeaux de gneiss et de terrains primaires qu'on jugeait jusqu'ici disparates.

On constate ainsi que la direction de l'ensemble des plis forme un S très allongé, dont la partie médiane est parallèle à la ligne de crête des Vosges

(c'est-à-dire à l'ancienne frontière), tandis que les extrémités s'inclinent vers la direction E-W. De nombreuses zones d'écrasement suivent cette direction. Deux d'entre elles seulement sont continues sur une assez grande longueur pour être mentionnées.

La première zone, la *Grenzzone* de Cohen, sépare les schistes de Villé,



ESQUISSE DE LA STRUCTURE DES VOSGES HERCYNIENNES.

d'âge antédévonien, des gneiss d'Urbeis. Elle contient non seulement des gneiss et des schistes broyés, mais aussi une lame de granite. Elle s'observe en direction E-W entre Laveline et Lalaye, et disparaît de part et d'autre sous le Permien horizontal.

La seconde zone est la plus importante. Ses affleurements principaux sont portés comme Carbonifère sur la Carte (feuille de Colmar). Elle sépare les gneiss de Sainte-Marie-aux-Mines du granite amphibolique. Puis, elle s'incline vers le sud et se poursuit dans le granite à biotite, bien que contenant toujours des schistes cristallins écrasés. Au Collet, près de la Schlucht, elle sépare du granite des schistes bleus, d'âge indéterminé (schistes granu-

litiques de la Carte, feuille d'Épinal). Elle forme ensuite la limite du granite amphibolique de Saulxures, dont la bande étroite prolonge exactement celle du granite amphibolique de Sainte-Marie. La limite sud de ce granite prend ensuite la direction E-W, parallèle aux plis du massif carbonifère.

La région située au sud-est de cette grande ligne de dislocation ne renferme que des zones de broyage tout à fait locales. Par contre, les plis y semblent très serrés. Les gneiss de Sainte-Marie sont fréquemment interrompus par des bandes de granite. De même, la région granitique qui lui fait suite est barrée de nombreux synclinaux de gneiss, plus ou moins étendus.

Plus au sud encore se trouve le massif carbonifère. De longs promontoires de schistes (ou seulement de granites à faciès de contact) s'en détachent vers le nord et indiquent, dans le granite, l'emplacement des synclinaux. Inversement, dans l'intérieur du massif primaire, l'anticlinal principal est indiqué par l'affleurement d'une large bande cristalline.

Enfin, tout à fait au sud du massif, les plis tournent presque à angle droit, et prennent la direction E-W.

Cependant, ces plissements ne suffisent pas à expliquer toutes les particularités de la structure des Vosges. *De larges ondulations transversales, de direction NW, troublent l'allure de ces plis principaux.* Le croisement des synclinaux forme des cuvettes à structure périclinale, constituées par des terrains sédimentaires; le croisement des anticlinaux, des dômes de granite, d'aspect amygdaloïde, autour desquels les plis s'arrondissent.

La présence de mylonites pourrait faire croire à l'existence de nappes de charriage empilées. L'identité des terrains de part et d'autre des plans de dislocation, le pendage de ces plans, toujours très fort, le grand nombre de ces zones d'écrasement, indiquent, au contraire, une structure en écailles imbriquées (qui sont peut-être des racines de nappes).

Ces faits permettront, en outre, d'éclairer, sur plusieurs points, les relations qui existent entre les gneiss, les terrains à métamorphisme de contact et le granite.

GÉOLOGIE. — *Observations nouvelles sur la bordure orientale des monts de Lans.* Note de M. **Paul Corbin**, présentée par M. Émile Haug.

La présente Note a pour objet l'exposé très sommaire, en suivant la direction N-S, de quelques-unes des observations nouvelles qui ont servi

de base à l'interprétation que j'ai donnée précédemment de la tectonique du bord oriental du massif du Vercors.

Région de Sassenage. — Il existe une *moraine latérale gauche* du lobe terminal de l'ancien glacier du Furon, lobe qui devait, à sa sortie des Portes d'Engins, tourner brusquement à l'est, pour descendre droit sur Sassenage, en restant dans la région froide située au pied et au nord de la grande falaise du pli-faille. Elle apparaît vers la cote 350 environ, dominant toute la partie sud du plateau et formant le flanc droit du ravin terminal du Furon. Celui-ci ne présente aucun cône de déjection à son débouché dans la plaine, malgré l'importance de son bassin, et offre un profil très dissymétrique, donc probablement glaciaire. La moraine est constituée de blocs anguleux du Sénonien supérieur, dont beaucoup sont énormes (8 à 10000^{m^3} et plus); quelques-uns se recontrent, le long et de part et d'autre de l'ancien chemin dit *des Escaliers*, entre les cotes 300 et 283, à moitié enterrés dans la masse et *portant encore la croûte de conglomérats miocènes qui les recouvrait* avant leur chute. On n'observe *pas d'autre moraine* sur tout le reste du plateau, mais de *longues coulées d'écroulement ou de glissement* (1), issues d'une énorme *entaille d'arrachement*, en forme de croissant, très visible sur les pentes orientales de la Dent du Loup, dont elle occupe plus de la moitié et où elle atteint les couches les plus profondes de l'Urgonien. Le monticule au nord de Clémencière, dans la plaine de l'Isère, n'est que le sommet d'un pédoncule de ces coulées, émergeant des alluvions récentes.

La charnière synclinale du pli-faille est certainement très près à l'est du pied du plateau des Côtes, comme le prouvent d'abord les *retroussis*, accentués par endroits jusqu'au renversement, des couches du Sénonien, visibles le long de la route du Villard de Lans et du nouveau chemin des Côtes, à leur sortie de Sassenage, puis sur leur prolongement au sud, dans le lit même du Furon, immédiatement en amont de son débouché dans la plaine, les multiples *dents de scie* de ce même Sénonien, poussant des têtes anticlinales aiguës, presque verticales, jusqu'au sentier du chemin des Cuves de la rive droite. La tête anticlinale du pli-faille constituée par les strates verticales de l'Urgonien, puis du Sénonien, est précédée à l'ouest par un *lambeau de charriage* de Sénonien très peu incliné, qui disparaît au sud sur le plateau de Saint-Nizier, vers la cote 960. Je n'ai pas trouvé la faille SSE-NNW figurée sur la Carte géologique détaillée comme coupant en biais la

(1) Ce ne sont pas non plus de simples éboulis, comme on l'a écrit.

falaise du pli-faille, ni celle qui a été mentionnée, en contre-bas du seuil sénonien des Portes d'Engins, comme une cassure est-ouest transversale aux plis.

Région du Moucherotte-Tour Sans Venin-Comboire. — La trace de la cassure d'arrachement NE-SW de la grande écaille du Moucherotte est marquée depuis les Perrières (215^{m}) jusqu'au-dessous du Mas Vincent (600^{m}) par le *retroussis*, dépassant souvent la verticale, de tout le Sénonien; les étages sous-jacents, jusqu'à l'Hauterivien inférieur, se montrent ensuite laminés ou ont disparu, de telle façon que les calcaires bicolores du Valanginien finissent par apparaître manifestement renversés sur le Sénonien affleurant à quelques dizaines de mètres plus au nord (haut du vallon de Seyssinet). Le point de départ actuel de l'écaille charriée est bien visible à la gare de Pariset, où les lames extraordinairement disloquées, mais verticales du Sénonien, qui constituent son front, surmontent immédiatement les couches à peine inclinées du même Sénonien, entourant la doline de la Tour Sans Venin. Ce front de Sénonien à strates extrêmement inclinées avec, en arrière, quelques petits lambeaux d'Urgonien et d'Albien plus ou moins broyés, se suit jusqu'à la cote 940, où il disparaît sous le Glaciaire, pour en ressortir brusquement à la cote 1080, en formant les célèbres rochers des Trois Pucelles, composés de gigantesques lames d'Urgonien absolument verticales, encadrées, à leur base, de falaises de Sénonien, au nord, et d'Hauterivien, au sud.

Le front de l'écaille subit dans ce charriage une *torsion intense*, pour passer de la direction NE-SW, à Pariset, presque à la direction N-S, au sommet du Moucherotte; cette torsion a provoqué la courbure, le laminage ou la dislocation des strates verticales du front (*lames des Trois Pucelles*) et le broyage complet de tout le glacis d'Urgonien, plus ou moins incliné, qui devait lui faire suite vers l'est. Aussi l'érosion a-t-elle entièrement fait disparaître ce dernier jusque vers la cote 1320, où il reparaît sous forme de *lambeaux d'effondrement récents*, formant les curieux et chaotiques ravins dits *des Forges*, qui s'étendent sur plus de 1400^{m} à l'est et à près de 200^{m} au-dessous de la haute crête au nord du Moucherotte, laquelle constitue le bord de la partie conservée de ce glacis. A signaler le diaclasement extraordinaire de ces hautes lames d'effondrement. Au *col de Château Bouvier*, les strates de l'Hauterivien (également remplies de diaclases verticales E-W) sont presque horizontales. Le *sommet du Moucherotte* est formé, non par un anticlinal droit aigu, mais par un simple plissement local, dernier écho de la torsion, une flexure accentuée des strates supé-

rieures, entaillée obliquement par l'érosion. Au *lambeau d'Urgonien de Château Bouvier*, à 300^m en contre-bas, le calme est rétabli et le plongement de celui-ci vers l'E a enregistré la pente de la direction générale du charriage.

Le coin de poussée du rocher de Comboire est formé de trois écailles de Jurassique supérieur, dans chacune desquelles les strates se superposent dans l'ordre normal, une écaille supérieure s'étendant sur toute la longueur du rocher, et recouvrant les deux autres, qui sont juxtaposées, la plus importante au nord.

Région du Peuil. — Un plan incliné d'Hauterivien supérieur monte depuis Furonnières (400^m) jusque vers la cote 680, à 500^m environ au sud de la cascade d'Aillières, où débute l'Urgonien sous la forme de la base bien conservée du jambage vertical d'une flexure, au sud de laquelle l'Urgonien forme ensuite tout le sommet de la falaise du plateau Saint-Ange, l'Hauterivien la base. Ce plan incliné est dominé par le plateau du Peuil (800^m à 1100^m), dont le bord est formé d'une suite de lambeaux de petites falaises urgoniennes de plus en plus disloquées en avant vers le nord et se terminant, au-dessus du débouché de la Combe du Talon, au droit de l'extrémité sud de Comboire, par un éperon formé d'une brèche mécanique caractéristique d'Urgonien broyé. Les pentes séparant ces falaises du plan incliné d'*Hauterivien* sous-jacent sont formées, sur plus de 1200^m de longueur visible, de *Valanginien*, également souvent disloqué.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de galets exotiques au port d'Alon (Var).* Note de Mlle **J. Pfender**, présentée par M. Émile Haug.

Le port d'Alon est une petite calanque située entre Bandol et Saint-Cyr, sur la côte de Provence. Elle présente une plage de graviers très peu étendue, exposée au sud, au débouché d'un vallon sinueux originaire de la région triasique à l'est de Saint-Cyr et qui, en dernier lieu, traverse une bande de calcaires bathoniens.

On sait que les côtes de Provence, à l'ouest du cap Sicié, sont composées exclusivement de terrains secondaires et tertiaires. Or, dans le cordon littoral, correspondant, à Alon, au niveau des plus hautes mers, à 2^m environ au-dessus du niveau le plus bas, on rencontre en assez grand nombre des galets fortement roulés, provenant de roches inconnues en affleurement sur ces côtes; ils sont mêlés aux galets plus abondants d'origine locale.

Trois visites successives m'ont permis de recueillir les roches suivantes, qui peuvent se répartir en trois catégories :

1° Roches des environs immédiats, parmi lesquelles la carnieule et le gypse triasiques tout à fait prédominants.

2° Roches étrangères aux environs immédiats, mais connues en Provence : granites à deux micas, aplite, gneiss, micaschistes, schistes à séricite, quartz blanc des Phyllades, dolérite, basaltes ophitiques et basalte à pyroxène, labradorites, porphyre amarante de l'Estérel, serpentines, tufs et grès permiens (?), grès rouge à Miliolidés et Lithothamniées.

3° Roches inconnues en Provence : jaspes à Radiolaires (radiolarites?).

Alon n'est d'ailleurs pas le seul point de la côte où se trouvent des éléments exotiques : sur la plage de galets d'Engravier, anse voisine et plus petite encore que celle d'Alon, à l'entrée d'un étroit vallon, j'ai recueilli, en quelques minutes, un granite identique à l'un des types représentés à Alon, un basalte, un orthophyre, un schiste séricitcux, présentant au microscope un aspect fortement écrasé, un grès permien.

De même encore, au débouché d'un vallon creusé dans l'Urgonien à l'ouest du port de Cassis, une petite plage de galets m'a fourni une dolérite et une serpentine identiques à celles d'Alon, un basalte, des brèches andésitiques, des amphibolites.

La présence de ces galets exotiques sur la côte de Provence soulève un problème géologique des plus attachants.

La première idée qui vient à l'esprit est qu'il s'agit là de lest apporté par un navire et remanié par les vagues; mais le port d'Alon n'est accessible qu'à des bateaux de très faible tonnage et, du reste, l'extrême variété des éléments recueillis ne permet pas de leur attribuer une telle origine.

On ne peut pas davantage s'arrêter à l'hypothèse que ces roches auraient fait partie du remblai de la voie ferrée de Marseille à Vintimille qui traverse le haut des vallons d'Alon et d'Engravier, puisque cette condition n'est plus réalisée à Cassis et que l'on ne connaît, le long de la ligne, aucune exploitation qui aurait pu fournir les roches en question.

D'autre part, on ne saurait invoquer le transport par des courants longeant la côte de Provence d'est en ouest, car des presqu'îles comme celles de Gien, de Sicié, la pointe de la Cride et celle de Bandol lui auraient opposé un obstacle infranchissable.

On pourrait aussi se demander si ces galets ne résultent pas de la destruction d'un lambeau de poudingue crétacé ou tertiaire qui aurait existé dans la région, mais ces éléments exotiques ne se retrouvent ni dans le poudingue

oligocène de Bandol, à éléments exclusivement calcaires, jurassiques et crétacés, ni dans le poudingne turonien de la Ciotat, où abondent cependant des galets rapportés généralement au Permien, et pas davantage dans le poudingue oligocène de Marseille, ni dans ceux de Pointe rouge et du Rouet de Carry, d'âge encore douteux.

Par contre, on peut envisager l'hypothèse de l'existence, au large d'un amas de galets apportés par un ancien fleuve, tertiaire, de cours plus ou moins parallèle au rivage actuel, mais situé sensiblement plus au sud. Cette interprétation rendrait compte de l'abondance des serpentines parmi les éléments d'Alon et de la présence de radiolarites, qui proviendraient de la zone des Schistes Lustrés de la Ligurie occidentale. Elle est du reste en parfait accord avec la conception que divers auteurs ont déjà exposée, au sujet de la connexion probable, à une époque relativement récente, des Pyrénées et de la Provence, d'une part (E. de Margerie, Marcel Bertrand), de la Provence et de la Sardaigne par la Corse, d'autre part (Forsyth Major, Marion, Suess, Depéret).

La présence de galets exotiques en plusieurs points des côtes de Provence apporte un argument de plus en faveur de l'existence, au large, d'une ancienne terre, dont la disparition sous les eaux daterait, comme le montre aussi la bathymétrie actuelle, d'une époque très récente.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur les plates-formes d'érosion des Monts métallifères du Banat.* Note de M. **Emmanuel de Martonne**, présentée par M. Pierre Termier.

Les Monts métallifères du Banat, compris entre le Danube, la plaine du Banat et le couloir de Caran Sebes, sont entièrement figurés sur les cartes géologiques hongroises au $\frac{1}{75000}$, mais leur morphologie n'a jamais été étudiée. Des excursions faites cet été m'ont permis d'y retrouver les trois plates-formes d'érosion signalées dans les Alpes de Transylvanie et les monts du Bihar [1].

La région comprend deux zones de schistes cristallins, encadrant une zone de sédiments, surtout mésozoïques, fortement plissés. La zone cristalline occidentale est nivelée à des altitudes de 300^m-400^m et plonge sous la plaine du Banat. La zone orientale est formée de hauts plateaux atteignant 1400^m. La zone mésozoïque, dont les sommets ne dépassent pas 800 à 900^m, frappe

[1] *Comptes rendus* t. 173, 1921, p. 1188.

d'abord par le parallélisme des crêtes, suivant la direction des plis nord-sud, et par l'indépendance du réseau hydrographique. En réalité, les crêtes sont des reliefs monoclinaux ou anticlinaux, toujours formés par les bancs des roches les plus dures (calcaires à silex jurassiques et calcaires urgoniens). Entre ces crêtes s'étalent des couloirs de plateaux, où les phénomènes karstiques présentent un développement remarquable (dolines, lapiez, gorges profondes avec pertes).

Tout le long du Karas, on suit une plate-forme parfaitement nivelée, sur laquelle j'ai trouvé disséminés des cailloux roulés de quartz ou silex, formant un dépot continu entre 380^m et 400^m près de Jabulesa. Cette *plate-forme du Karas* monte en pente continue jusqu'à 700^m. La même surface accompagne le cours de la rivière Gerliste jusqu'à Anina. Elle se raccorde nettement avec la plate-forme qui nivelle la zone cristaline occidentale et que domine la butte de Versecs.

Si l'on observe les altitudes des crêtes calcaires, on voit qu'elles sont remarquablement concordantes, montant régulièrement vers le Sud et vers l'Est. Parfois les hauteurs ont le caractère de véritables plateaux nivelant les couches très redressées (Planitza de Cârja). Ce sont les restes d'une plate-forme d'érosion plus ancienne que celle du Karas : *Plate-forme de Cârja*. Cette surface n'est pas limitée à la zone mésozoïque, mais elle s'étend sur le bord de la zone cristalline orientale jusqu'au sillon rectiligne où coulent en sens contraire la Berzava et la Poniasca.

Au delà, le relief se relève brusquement de 500^m et l'on trouve à 1400^m des sommets rappelant ceux des Alpes de Transylvanie : bosses arrondies, dépressions tourbeuses, sols profonds. C'est la *plate-forme du Semenic*, qui descend doucement vers l'Est et le Sud, découpée en crêtes d'une régularité d'altitude surprenante. Vers 900^m, la descente du relief devient plus rapide et le couloir de Caran Sebes apparaît, bordé par une plate-forme inclinée, distincte de celle du Semenic (*plate-forme de Tomnacica*), et coupée de gorges sauvages.

L'âge des plates-formes des Monts métallifères du Banat peut être à peu près fixé par les observations suivantes :

La plate-forme de Cârja est très continue dans les croupes cristallines bordant à l'Ouest la vallée de la Berzava ; ces croupes se relient avec les hauteurs dominant le centre métallurgique de Reshitza, entre lesquelles le Pontien pénètre en golfe. La plate-forme est donc miocène, équivalent de la plate-forme Riu Ses.

Les graviers de la plate-forme du Karas et son altitude paraissent devoir la faire rapporter à la plate-forme de Govornitza.

Quant à la plate-forme du Semenic, elle est, sans doute, un fragment de la plate-forme Boresco, notablement affaissée vers le couloir de Caran Sebes, relevée vers l'Ouest, où elle est tranchée par une dislocation, dont le sillon Berzava-Poniasca suit la trace.

Il est possible de préciser par l'étude morphologique du couloir de Caran Sebes.

Tout le long de ce sillon rectiligne, on trouve les dépôt néogènes (Sarmatique). Ils forment encore le seuil de partage des eaux entre Temes et Cerna (Porta orientalis), plate-forme nivelée à 500^{m} et recouverte de cailloutis anciens (Levantin?). La même plate-forme, toujours recouverte de cailloutis, se suit de Teregova jusqu'à la plaine de Caran Sebes, s'abaissant graduellement d'une centaine de mètres, découpée par le Temes et ses affluents (*Plate-forme de Teregova*). Il ne s'agit pas d'une plate-forme structurale ; car les couches néogènes forment un synclinal, dont le flanc Est est fortement redressé, et même, comme l'ont montré récemment les recherches pour les lignites, renversé. Il est facile en outre de constater que la plate-forme s'étend sur le massif cristallin du Banat. A deux reprises, le Temes entame ce massif en des gorges sauvages (Teregovaer et Armönischer Schlüssel de la carte, Cheia des paysans roumains), qui sont évidemment des percées épigéniques. Nous avons affaire à un équivalent de la plate-forme de Gornovitza.

Il en résulte que la plate-forme de Tomnacica, intermédiaire entre la plate-forme du Semenic et celle-ci, est vraisemblablement l'équivalent de la plate-forme Riu Ses, et correspond à celle de Cârja, sur le versant ouest des Monts du Banat. Cette détermination est confirmée par sa correspondance avec les crêtes qui bordent à l'Est le couloir de Caran Sebes, à des altitudes de 800^{m} à 900^{m}. Mes observations, se reliant ici à celles que j'ai faites antérieurement dans les Alpes de Transylvanie, me permettent de suivre la montée de ces crêtes, par Poiana Inalta, jusqu'à la localité même où j'ai défini la plate-forme Riu Ses, et où l'on voit s'étaler ses formes mollement ondulées à l'altitude de 1500^{m} dominées par la plate-forme Boresco, qui dépasse 2000^{m}.

On suit l'affaissement de tous les niveaux vers le Bassin Pannonique, affaissement qui ne va pas sans dislocations. Le sillon de Caran Sebes correspond à un synclinal faillé, qui a joué encore avant le nivellement de la plate-forme de Teregova (Pliocène), les couches sarmatiques étant redressées et même renversées du côté où toutes les plates-formes se trouvent à un niveau supérieur.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Recherches sur les alluvions mindéliennes dans la haute vallée de la Cère et sur le plateau de Lacapelle-Barrez (Cantal).* Note de Mlle **Yvonne Boisse de Black**, présentée par M. Émile Haug.

Tout épicycle sédimentaire se compose d'une phase de creusement suivie d'une phase d'alluvionnement. J'ai étudié précédemment la première de ces phases dans la haute vallée de la Cère et sur le plateau de Lacapelle-Barrez. Il me reste à étudier la seconde.

Les alluvions günziennes du plateau de Lacapelle-Barrez paraissent être purement fluviatiles. Les preuves d'une glaciation mindélienne s'accumulent, au contraire, tant topographiques que stratigraphiques et lithologiques. Nous allons les passer en revue en étudiant, de l'ouest à l'est, chacune des vallées de la Cère, de Salilhes, du Goul, de la Bromme, du Siniq et de l'Irondels, que nous avons vues occuper notre champ d'investigation, ainsi que les plateaux interposés entre ces vallées.

On distingue, dans la partie de la vallée de la Cère comprise entre sa source et Vic, trois auges emboîtées, auge würmienne de Vic, auge rissienne de Thiézac, auge mindélienne de Saint-Jacques. Le cirque de Saint-Jacques paraît bien présenter un aspect glaciaire et les segments d'auge qui s'y raccordent vers l'aval montrent un profil en U.

Autrement net est cependant le caractère glaciaire du vaste cirque de Salilhes-Faillitou, jalonné par le Puy de la Poche, l'Élancèze, le Courpou-Sauvage, le col de Berganty et le pic de Saint-Curial. Ce cirque se raccorde clairement, par-dessus l'actuelle vallée de la Cère, au col de Curebourse, qui représente le confluent du torrent de Salilhes et de la Cère au Mindélien. Le milieu du col est occupé par une belle moraine frontale, jonchée de blocs erratiques et dont la boue glaciaire est visible dans une carrière d'extraction de pavés. C'est une moraine de retrait. Le glacier s'étendait, en effet, plus loin. Le Goul actuel, à partir du pont du Gail, se confond, en ce qui touche son auge supérieure, avec la Cère mindélienne, ainsi qu'il a été montré précédemment. Or cette auge supérieure du Goul représente un profil en U. En aval de l'emplacement actuel du pont du Gail, le glacier débordait la vallée et se répandait sur les plateaux voisins de Pailherols (environs de Brommet) et de Badailhac. Sur ce dernier plateau, il formait un éventail, envoyant une langue de glace dans la vallée d'Embarre, jusqu'à Espeils.

Le haut Goul, en amont du pont du Gail, présente, par contre, un profil

en V, l'érosion würmienne y ayant été si intense qu'elle a abrasé toute trace des auges antérieures.

Sur le plateau de Lacapelle-Barrez existent les deux cirques jumeaux de la Bromme et de Pleau, d'où sortaient deux petits glaciers confluents, qui, après leur jonction, ont occupé la vallée de la Bromme sur une longueur de 3^{km}, jusqu'à l'emplacement actuel du pont de Lacapelle-Barrez.

L'immense cratère ébréché du volcan du Puy Gros servait de réservoir névéen au glacier du Siniq, admirablement décrit par le maître de la géologie cantalienne, M. Boule. Ce glacier était long de 12^{km}, il recevait à gauche la langue de glace qui descendait, par Malbo, de l'*atrium* de Polverelle. Entre l'emplacement du pont de Lacapelle-Barrez et celui du pont de la Vieille, il confluait avec le glacier de la Bromme. Sa moraine frontale, jonchée de blocs erratiques, s'étendait jusqu'à Douzalbats, dans l'Aveyron. C'est une sorte d'énorme cône de déjection, dont les flancs sont longés à l'est par le Siniq, à l'ouest par la Bromme.

Enfin, sur le plateau de Narnhac, s'ouvre le cirque de Roupons-le-Bousquet, qui alimentait un minuscule glacier de 500^{m} de long, occupant la haute vallée de l'Irondels.

En amont de leurs moraines frontales, les vallées de la Bromme, du Siniq et de l'Irondels ont un fond plat et un profil en U. En aval de ces moraines, elles se transforment brusquement en gorges rapides à profil en V.

Mais les glaciers de la Bromme, du Siniq et de l'Irondels ne restèrent pas encaissés dans leurs vallées d'origine. Comme celui de la Cère mindélienne, ils débordèrent, vers leur extrémité, sur les plateaux interposés et devinrent, par suite, coalescents. Ainsi se forma un glacier synthétique en arc de cercle de 16^{km} de développement frontal, un inlandsis alimenté à l'amont par de petits glaciers de type alpin, qui devait donner aux pentes du volcan du Puy Gros, sur lesquelles il s'étendait, une étrange ressemblance avec ce que nous montre actuellement le Takoma ou Mont Rainier.

A. de Lapparent a défini les moraines frontales « une interférence de cônes de déjection ». Cette définition s'applique on ne peut mieux à la moraine frontale de l'inlandsis du plateau de Lacapelle-Barrez, laquelle est formée d'un enchevêtrement de buttes rondes, composées de sables et de blocs erratiques, et dont chacune représente un véritable drümlin, la décharge au pied du glacier d'un convoi de pierres tombées en amont sous forme d'avalanche. Les buttes qui hérissent cette région dans un inextricable chaos ne sont d'ailleurs peut-être pas toutes d'origine glaciaire. Cer-

taines, aux environs de Vigouroux, semblent être des hornitos de la coulée basaltique sous-jacente. L'appareil glaciaire qui vient d'être décrit a été subséquemment le siège de phénomènes karstiques intenses, avec production de dolines, de poljes, de vallées souterraines, etc., qui lui donnent une singulière ressemblance avec le Montello, à l'embouchure de la Piave, tel que l'a décrit Toniolo.

Les alluvions mindéliennes du plateau de Lacapelle-Barrez sont profondément altérées. Les cailloux dont elles sont formées sont enveloppés d'une couche de kaolin blanchâtre. Ils sont disséminés sans ordre dans une boue glaciaire rouge, sorte de *terra rossa* provenant de l'oxydation de leurs éléments ferromagnésiens.

Il me reste à dire quelques mots du Mindélien du bassin d'Aurillac, c'est-à-dire du Puy d'Espinet, du Puy de Vaurs et de la terrasse de Tronquières. Au sommet du Puy d'Espinet, rive gauche de la Cère, en face d'Arpajon, et en contre-haut des auges rissienne et würmienne, existe une vieille plate-forme pénéplainée de micaschiste, sur laquelle reposent d'énormes blocs erratiques d'andésite et de basalte.

Au-dessus d'Arpajon, sur le plateau qui s'interpose entre la Cère et le val Mammou, M. Boule a signalé une moraine typique, avec boue glaciaire et cailloux très altérés. L'alluvion de la terrasse de Tronquières paraît représenter le cône de transition de cette moraine. On y voit un entassement de blocs de phonolithe, à facettes, ou roulés, enveloppés d'une épaisse patine blanche de kaolin. Mais, dans cette basse région, les dépôts et les reliefs mindéliens sont trop morcelés par les érosions subséquentes pour qu'on puisse songer à la reconstitution d'un réseau hydrographique comparable à celui que montre le plateau de Lacapelle-Barrez.

Il me reste, en terminant, à justifier l'attribution au Mindélien du système qui vient d'être décrit, laquelle attribution n'a été proposée jusqu'ici qu'à titre de postulat.

J'attribue les alluvions de cet épicycle au Mindélien, parce qu'elles s'intercalent stratigraphiquement entre les alluvions günziennes du plateau de Lacapelle-Barrez, à flore contemporaine de la faune à *Mastodon arvernensis*, sur lesquelles elles reposent, et les alluvions à industrie chelléenne du Bousquet, qu'elles ravinent. On n'y a pas, jusqu'ici, trouvé de fossiles. Mais, si on en découvre un jour, tout indique qu'ils appartiendront à l'horizon de l'*Elephas meridionalis*.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité des eaux du Mont-Dore.* Note de MM. **P. Loisel** et **R. Castelnau**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. La radioactivité des sources thermales du Mont-Dore fut étudiée pour la première fois par Curie et Laborde en 1904 (¹). Ces auteurs examinèrent les gaz dégagés au griffon des sources Madeleine et des Chanteurs et trouvèrent une teneur en émanation très faible comprise entre 0,11 et 0,33 milligrammes-minutes pour 10^l de gaz étudiés soit par litre à l'émergence de 1,46 à 4,4 millimicrocuries.

En 1909, Jeannel et Jacquin (²) publient le résultat d'observations purement qualitatives faites avec un appareil analogue à celui d'Engler et Sieveking et montrent que l'eau des diverses sources, les gaz spontanés et l'atmosphère au voisinage sont radioactifs.

Nous nous sommes proposé de reprendre l'étude des sources déjà étudiées par Curie et Laborde et de doser l'émanation du radium contenue dans les eaux et les gaz des autres griffons.

2. Le dosage de l'émanation du radium dissoute dans les eaux a été effectué suivant la technique déjà utilisée par l'un de nous pour l'étude des eaux de Bagnoles-de-l'Orne.

Chaque source a été examinée à plusieurs reprises et nous avons constaté, comme à Bagnoles, des variations de la radioactivité, variations que nous nous proposons d'étudier ultérieurement. Les valeurs données dans le Tableau ci-dessous sont donc des valeurs moyennes.

Nom des sources.	Quantité d'émanation dissoute en millimicrocuries par litre.
Boyer	0,23
Caroline	0,34
César	0,53
Chanteurs	0,25
Chazerat	0,55
Madeleine	0,39
Panthéon	0,03
Pigeon	0,11
Saint-Jean n° 1	0,16
» n° 2	0,15
» n° 3	0,11
Rigny	0,10
Ramond	0,76

(¹) *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 1150; t. 142, 1906, p. 1462.

(²) *Société d'Hydrologie*, 1909.

3. Les gaz ont été recueillis au griffon de la façon suivante : Un entonnoir de dimensions convenables était maintenu au-dessus de l'émergence ; cet entonnoir était relié à un tube à $CaCl^2$ dans lequel le gaz se desséchait et de là à un condensateur Danne de 2^l de capacité muni de deux robinets à pointeau, l'un supérieur, l'autre inférieur. On laissait circuler le gaz pendant un temps suffisant pour que l'air fût complètement chassé du condensateur et remplacé par le mélange gazeux du griffon. On fermait alors les deux pointeaux et l'on dosait l'émanation suivant la méthode classique.

Le résultat des mesures est consigné dans le Tableau suivant :

Nom de la Source.	Date du prélèvement.	Température de l'eau.	Température de l'air.	Pression.	Quantité d'émanation en millimicrocuries par litre à la pression observée.	normale.
Caroline	20 septembre..	40°	21,4°	671 mm	2,34	2,65
	29 » ..	41,5	20	668,8	2,05	2,33
Chanteurs	16 septembre..	—	—	668	0,89	1,01
	19 » ..	44,8	23	671	0,47	0,53
	24 » ..	44,5	22	674	0,96	1,08
Madeleine	19 septembre..	44,6	21,2	671	0,89	1,00
	24 » ..	44,5	23	674	0,61	0,68
Pasteur n° 1	26 septembre..	43,7	23	672	0,48	0,54
	30 » ..	42,5	20,5	666	0,57	0,65
Pasteur n° 2	26 septembre..	43,4	22,5	672	0,54	0,61
	30 » ..	42	20,5	666	0,72	0,82
Saint-Jean n° 1	21 septembre..	40,5	23	673	1,68	1,90
	28 » ..	40,5	21,3	672	0,34	0,38
Saint-Jean n° 2	21 septembre..	41,5	23,5	673	0,39	0,44
	27 » ..	40,5	21,5	669,8	0,68	0,77
Saint-Jean n° 3	20 septembre..	43,5	22	671	1,32	1,49
	27 » ..	40,5	21,5	669,8	0,94	1,06

Comme on le voit, les gaz dissous présentent une teneur en émanation bien supérieure à celle de l'eau et très variable suivant les griffons, variable aussi suivant les jours. La cause de ces variations ne pourra être élucidée que par une étude systématique. On voit, de plus, que pour les gaz de Madeleine et des Chanteurs la valeur trouvée est plus faible que celle mesurée par Curie et Laborde. La différence ne peut s'expliquer par la différence de pression barométrique au Mont-Dore et à Paris et doit être attribuée aux variations que nous venons de constater.

4. Les sources Mont-Doriennes, par leur teneur en émanation, appartiennent donc au groupe des sources faiblement radioactives, mais leur débit considérable produit un dégagement important d'émanation dans l'atmosphère environnant les sources, ce qui, tant au point de vue climatologique qu'au point de vue thérapeutique, présente un gros intérêt.

ACTINOMÉTRIE. — *Le rayonnement nocturne au mont Blanc.* Note de M. **A. Boutaric**, présentée par M. J. Violle.

Du 30 juillet au 7 août 1921, j'ai pu faire, à l'Observatoire Vallot du mont Blanc (4350^{m}), un certain nombre de mesures précises du rayonnement nocturne et en enregistrer les variations au cours de quelques nuits.

On n'a que très peu de données précises sur le rayonnement nocturne à des altitudes comparables ([1]). Aussi les valeurs que j'ai obtenues peuvent-elles constituer des documents intéressants pour l'étude du pouvoir absorbant de l'atmosphère.

1. *Appareils.* — Les mesures directes ont été faites avec un actinomètre à compensation électrique (pour le rayonnement nocturne) de Knut Angström : l'actinomètre était maintenu à l'extrémité d'une perche, sur le toit de l'observatoire, afin de supprimer l'action des rayonnements perturbateurs provenant des parois de la station. Les observations ont été rendues souvent pénibles et délicates par le vent, très violent à ces altitudes, mais les nombres indiqués sont la moyenne de plusieurs mesures concordantes et me paraissent dignes de confiance.

Des courbes donnant la variation du rayonnement ont été obtenues au moyen d'une pile thermo-électrique fixée sur la terrasse de l'observatoire et reliée à un galvanomètre inscripteur ([2]) : l'une des faces de la pile rayonnant vers le zénith, l'autre vers un écran métallique poli, lui-même protégé contre tout rayonnement de l'atmosphère et dont la température était, par suite, celle de l'air ambiant.

2. *Observations.* — Voici, pour les diverses nuits où les mesures ont été

([1]) Il n'a été publié, à ma connaissance, que les mesures faites par Anders Angström au mont Whitney (4420^{m}) (*Smithsonian Miscellaneous Collections*, vol. 65, n° 3).

([2]) A. Boutaric, *Thèse*, 1918, p. 186 et *Annales de Physique*, 9e série, t. 10, p. 100.

possibles : les heures h d'observation en temps solaire vrai; les rayonnements r en calories-grammes par minute et centimètre carré; les températures t_0 de l'air en degrés centigrades et la pression f_0 de la vapeur d'eau en millimètres de mercure, au voisinage de l'actinomètre. La dernière colonne donne, pour les mesures faites au voisinage de 21^h, les quotients $\frac{r}{\pi\sigma\theta_0^4}$ du rayonnement nocturne par le rayonnement intégral d'une surface noire à la température absolue $\theta_0 = t_0 + 273$ ($\pi\sigma$ = constante de Stefan).

Dates.	h.	t_0.	f_0.	r.	$\frac{r}{\pi\sigma\theta_0^4}$.
	h m	°C	mm		
1er août 1921	20. 0	1	2,4	0,186	»
»	21.13	0	2,3	0,171*	0,400
»	23.50	—2	2,3	0,158	»
2 août	2.50	—2,5	2,35	0,170	»
»	4.57	—3	2,0	0,154	»
»	20.20	0	4,5	0,139[a]	0,326
»	22.20	—2	4,0	0,127[a]	»
5 août	20.30	0	2,3	0,177*	0,415
»	21.30	—1	1,9	0,168	»
6 août	2.30	0	2,1	0,172	»
»	20.30	—2,5	2,9	0,156*	0,379
»	21. 0	—3	2,8	0,146	»

[a] Quelques nuages dans le ciel.

3. *Variation du rayonnement nocturne au cours des nuits sereines.* — Les mesures faites à diverses heures et surtout les courbes enregistrées, montrent que le rayonnement nocturne prend sa valeur maxima peu après le coucher du soleil et décroît ensuite légèrement au cours de la nuit. Cette variation que j'ai déjà observée à Montpellier (¹), sensiblement au niveau de la mer, puis au Pic du Midi de Bigorre (²) (2859^m) doit donc être considérée comme générale, contrairement à ce que semblaient indiquer quelques mesures de Lo Surdo à Naples et d'Exner sur le Sonnblick.

4. *Comparaison entre les valeurs du rayonnement nocturne observées à diverses altitudes.* — Conformément à la théorie générale que j'ai donnée dans ma Thèse et contrairement à l'opinion courante, le rayonnement nocturne n'est pas exceptionnellement intense aux grandes altitudes. J'ai

(¹) A. Boutaric, *Thèse*, p. 135.
(²) A. Boutaric, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1165.

observé, soit à Montpellier, soit au Pic du Midi, des valeurs du même ordre de grandeur que celles du mont Blanc.

Les quotients $\frac{r}{\pi\sigma\theta_4^0}$ relatifs aux observations du mont Blanc décroissent à mesure que f_0 augmente et se placent sensiblement sur la courbe moyenne des valeurs de $\frac{r}{\pi\sigma\theta_4^0}$ en fonction de f_0 qui représente les observations faites à Montpellier et au Pic du Midi; cependant, tandis que les observations du Pic du Midi fournissent des points qui se placent plutôt en dessous de la courbe, celles du mont Blanc se disposent un peu au-dessus, ce qui est l'indice d'une transparence plus grande de l'atmosphère au mont Blanc, pour une même valeur f_0 de la pression de la vapeur d'eau.

Il est intéressant de signaler que la moyenne des observations que j'ai faites au mont Blanc est très voisine de la moyenne donnée par Angström pour résumer ses observations au mont Whitney ([1]).

MYCOLOGIE. — *Sur les affinités des Erysiphées et des Parodiopsidées.* Note de M. G. **Arnaud**, présentée par M. L. Mangin.

Nous avons montré ([2]) que les Erysiphées se rattachent à un certain nombre d'autres Pyrénomycètes que l'on peut grouper sous le nom de *Parodiellinacées* et en particulier à la tribu des Parodiopsidées. Les Parodiopsidées et les Erysiphées constituent deux groupes parallèles de la même famille, mais le dernier est en moyenne beaucoup plus évolué et l'appareil intramatrical y est le plus souvent réduit à des suçoirs épidermiques, tandis que chez les Parodiopsidées le mycélium interne est en général abondant.

Il y avait par suite quelque intérêt à faire connaître une Parodiopsidée chez laquelle le mycélium interne présente une réduction considérable.

([1]) Moyenne des observations faites au mont Whitney (Angström, *loc. cit.*, p. 79) :

$$t_0 = -0^\circ{,}6\,C; \quad f_0 = 2^{mm},5; \quad r = 0{,}179.$$

Moyenne des observations faites au mont Blanc, vers 21^h, par temps clair (observations marquées d'un astérisque dans le Tableau ci-dessus) :

$$t_0 = -0^\circ{,}8\,C; \quad f_0 = 2^{mm},5; \quad r = 0{,}168.$$

([2]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 202. — G. Arnaud. *Les Astérinées*, II. 1er fascicule. Paris, avril 1921.

Nous désignerons cette espèce sous le nom provisoire (¹) de *Perisporian truncata* (Stev.) *nob.* (syn. : *Perisporium truncatum Stevens*); elle a été récoltée sur un *Inga* (Mimosées) à Porto-Rico, par le professeur F.-L. Stevens. Le champignon a la disposition générale des *Parodiopsis Brachystegiæ* (P. Henn.) Arn. et *P. Ingarum* (P. Henn.) Arn. qui se développent aussi sur des Légumineuses. Le mycélium externe forme des rameaux courts ressemblant à des stigmopodies, qui s'avancent au-dessus d'un stomate et produisent, quand cela est nécessaire, un diverticule de manière à recouvrir entièrement les deux cellules stomatiques; le champignon envoie alors dans l'ostiole un filament simple et unicellulaire qui traverse le tissu lacuneux et va directement former un suçoir unique dans une cellule voisine d'une nervure. Parfois le filament présente une cloison transversale, parfois aussi il peut porter vers l'extrémité quelques diverticules en cul-de-sac qui paraissent être des essais d'allongement dans des directions qui ne se montrent pas favorables ; très rarement, deux filaments pénètrent par le même stomate, chacun ne porte jamais qu'un suçoir. A son extrémité le filament se renfle en une ampoule bilobée, sorte d'*appresorium*, qui forme le suçoir dans la cellule sur laquelle il est appliqué. Ce suçoir est ovoïde, souvent un peu asymétrique, mais non enroulé en spirale comme chez la plupart des Parodiopsidées, il ressemble à ceux des Erysiphées et de quelques Parodiopsidées (*Parodiopsis Struthanthi*).

On voit que la disposition du mycélium interne est presque identique à celle que présente une des rares Erysiphées où ce mycélium est développé : le *Phyllactinia Corylea* (Pers.) Karsten, et que la réduction de cet appareil absorbant est plus accentuée que chez le *Leveillula taurica* (Lév.) Arn. (*Erysiphe taurica* Lév.).

Le *Perisporina truncata* se rapproche aussi des Erysiphées par quelques autres caractères; les conidies sont souvent presque incolores et à paroi mince (mais tricellulaires, du type *Septoidium*); les conceptacles (non mûrs) ressemblent à des périthèces d'Erysiphées et ne sont pas stromatiques comme ceux de certains *Parodiopsis* (*P. Peræ* Arn. par exemple).

Le *Perisporina truncata* est une Parodiellinacée trop évoluée pour être considéré comme une transition entre les Parodiopsidées et les Erysiphées, mais il montre que ces deux groupes sont assez voisins pour qu'en se développant parallèlement ils aboutissent à des dispositions très analogues.

(¹) L'absence d'ascospores empêche de déterminer exactement le genre et l'espèce auxquels appartient le champignon, qui est cependant une Parodiopsidée certaine.

La localisation des suçoirs du *P. truncata* au voisinage des nervures doit être en rapport avec le mode de circulation des matières nutritives élaborées dans la feuille; ces suçoirs étant relativement peu nombreux doivent pouvoir puiser dans des cellules particulièrement riches.

Dans l'échantillon étudié, le *Perisporina* était fortement parasité par le *Cicinnobella parodiellicola*, P. Henn., ce qui explique vraisemblablement le défaut de développement des conceptacles.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Hérédité des caractères physiologiques chez les hybrides d'Orges.* Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

Tous les génétistes sont d'accord pour constater l'uniformité de la première génération des hybrides d'Orges pures. La *dominance des caractères ornementaux* des grains et des glumes *est absolue* (poils longs sur poils courts des axes d'épillets, nervures à épines sur nervures lisses des glumelles, capuzes sur barbes, etc.). Par contre, les *caractères physiologiques*, très étudiés parce qu'ils traduisent la productivité des sortes (nombre et hauteur des chaumes, nombre et taille des grains, compacité des épis liée à la résistance à la verse, etc.), *sont* d'ordinaire *intermédiaires*. Biffen (1907), von Ubisch (1919), Harry, Harlan et Hayes (1920) prétendent que les règles mendéliennes s'appliquent encore et font intervenir de multiples facteurs indépendants pour expliquer leur transmission et leur ségrégation en F_2, en F_3. S'il en était ainsi, la première génération au moins serait uniforme. Les exemples qui suivent montrent des fluctuations liées incontestablement à la position des bourgeons sur les individus et régies par l'activité et la durée même de la croissance; les caractères ornementaux sont indépendants, les caractères physiologiques sont intimement liés à la structure anatomique des individus et sont plastiques comme elle avec l'âge.

Pour montrer cette opposition, il faut combiner des espèces très divergentes et obtenir des mêmes parents un grand nombre d'hybrides de première génération afin d'avoir une appréciation suffisamment exacte des qualités fluctuantes. J'ai croisé, pour cet objet, en 1920, les espèces d'Orges de ma collection les plus différentes par la compacité des épis, caractère héréditaire qu'on sait évaluer avec une grande précision et aussi deux espèces affines différant par la sexualité des épillets latéraux, fertiles dans un

cas, stériles dans l'autre. Malgré les divergences des parents, j'ai obtenu, réussite assez rare, 15 graines hybrides sur 20 épillets castrés du même épi que j'avais eu soin de féconder avec le pollen d'un seul épi paternel. Dans ces conditions, j'ai éliminé les fluctuations dues à la surnutrition des grains hybrides, constantes lorsque chaque épi ne donne qu'un très petit nombre de graines. Les fluctuations observées traduisent donc, aussi correctement que possible, les tendances propres des hybrides de première génération.

I. *Hordeum Zeocriton* L. × *H. nudum* L. — 15 grains ont donné 13 plantes F_1, à fort tallage (moyenne 8 épis; extrêmes 3 et 14, alors que les parents donnent 3 à 5 talles), très élevées (110^{cm}-115^{cm}, alors que les parents ne dépassent pas 95^{cm}), très feuillues, mûrissant lentement et au plus tôt dix jours après les parents. La récolte fut prématurée pour faciliter les mesures car dans ce croisement apparaît *la fragilité des épis* (¹) que ne possédait pas les parents. Tous les grains portent très marquées les épines de *nudum*, absentes chez *Zeocriton;* il y a dominance totale du caractère ornemental des grains; mais en raison de leur imparfaite maturité les pellicules sont grossières, fortement adhérentes aux ovaires et largement ondulées comme si la céréale avait été échaudée; on n'observe rien d'analogue chez les parents. Ces nouveautés sont certainement liées à la structure anatomique des chaumes qui indique la pléthore et la juvénilité des tissus. Contrairement à ce qui a lieu chez les Blés, la structure anatomique des Orges est relativement uniforme et d'ailleurs les croisements réussissent dans tous les cas. Sous l'épi, on trouve une couronne de sclérenchyme rattachée à l'épiderme par 14-16 piliers de fibres soutenant les gros faisceaux vasculaires; entre les piliers, des plages de parenchyme chlorophyllien sont plus ou moins complètement subdivisées par des faisceaux intercalés et des piliers secondaires de fibres rares. Les éléments cellulaires de *Zeocriton* sont petits et fortement lignifiés, ceux de *nudum* larges mais lignifiés. Ceux de l'hybride sont très larges et à parois minces, à lignine rare; ils se dessèchent plus qu'ils ne mûrissent; les plages chlorophylliennes et les vaisseaux ont des dimensions en rapport avec cette disposition physiologique. Évaluant par 100 unités la largeur l (coupe transversale) moyenne des plages chlorophylliennes de *nudum*, l'épaisseur e est 50 ($\frac{1}{10}$ de millimètre); je trouve pour *Zeocriton*, $l = 60$, $e = 60$; pour *Zeocriton* × *nudum*, $l = 110$, $e = 50$. Les gros vaisseaux sont ronds ou presque chez *Zeocriton* $l = 8$, $e = 9$; ovales

---

(¹) L. Blaringhem, *Recherches sur les hybrides d'Orges* (*Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 1293).

chez *nudum* et très grands $l = 16$, $e = 22$; intermédiaires ovales chez l'hybride *Zeocriton* × *nudum*, $l = 12\text{-}13$, $e = 18$. Enfin, l'hybride présente très fréquemment de gros vaisseaux dédoublés, absents chez *Zeocriton*, très rares chez *nudum*.

La taille des grains diffère beaucoup chez les parents : uniformes et gros ($9^{mm} \times 4^{mm} \times 3^{mm}$) chez *nudum*, gros à la base de l'épi *Zeocriton* ($9^{mm} \times 3^{mm},5 \times 3^{mm}$), petits au sommet ($7^{mm} \times 3^{mm} \times 2^{mm},5$), ils sont très gros avec légère différence dans la longueur selon la position sur l'épi hybride (base, $10^{mm} \times 4^{mm} \times 3^{mm}$; sommet, $8^{mm} \times 4^{mm} \times 3^{mm}$) et ces variations sont certainement liées à la *compacité* différente des épis, comme le montre le Tableau où l_1 l_2, a_1 a_2 sont les quartils :

Épis.........	*nudum.*	*nudum* × *Zeocriton.*	*Zeocriton.*
Longueur l_1 : **l** : l_2..........	80 : **97** : 103	90 : **95** : 105	33 : **45** : 50
Grains a_1 : **a** : a_2...........	19 : **23** : 25	29 : **32** : 35	18 : **25** : 27
Compacité, $D = \frac{10a}{l}$.......	19 : **23** : 24	33 : **34** : 36	51 : **55** : 61
» bas de l'épi.....	19 : **22** : 24	29 : **31** : 35	46 : **47** : 54
» haut de l'épi....	19 : **24** : 24	30 : **35** : 36	50 : **62** : 70

Or la *compacité* élevée correspond à un état de fascie très sensible à la bonne alimentation et à la longue durée de croissance des tissus; l'uniformité et la forte taille des grains hybrides tiennent certainement à la compacité relativement faible, quoique intermédiaire, des épis à maturation lente.

II. *Hordeum nudum* × *H. trifurcatum* 1920 donne aussi sur un même épi 15 grains dont j'obtiens 12 plantes à caractères ornementaux (épines, capuzes) très accusés; certains hybrides ont jusqu'à 10 talles (moyenne 4-6) et leur hauteur (97^{cm}-110^{cm}) dépasse notablement celle des parents. Le fait le plus intéressant est la *sexualité intermédiaire;* les épis ont l'aspect d'Orge à deux rangs, mais les épillets latéraux sont partiellement fertiles. *La fertilité des épillets latéraux est en relation directe avec la vigueur individuelle des chaumes :* les premiers chaumes des plantes à tallage 10 donnent de 16 à 22 grains latéraux bien venus; à tallage 4-5, 2 à 6 grains latéraux; les premiers talles donnent toujours les nombres de grains latéraux les plus élevés, les derniers talles n'en présentent pas. La fertilité des épillets latéraux est un indice précis de l'activité de croissance des individus et n'est pas indépendante de l'ensemble des autres caractères comme le prétendent les néo-mendéliens.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les transformations que subissent les oranges au cours de leur conservation.* Note de M. G. **André**, présentée par M. L. Maquenne.

Les expériences qui suivent ont eu pour objet d'étudier les changements que les oranges éprouvent au cours de leur conservation quant à leur teneur en acides et en matières sucrées. Afin de fixer d'une façon aussi exacte que possible l'état initial, j'ai procédé de la manière suivante :

I. L'une des moitiés d'une orange a été décortiquée; on a pris le poids de l'écorce et celui de la pulpe que l'on a analysée (titre acide, sucres réducteurs calculés en glucose, sucres non réducteurs calculés en saccharose). L'autre moitié, non décortiquée, a été stérilisée superficiellement en la mouillant avec de l'alcool que l'on enflamme ensuite. On introduit cette moitié dans un vase stérilisé à 120° contenant un peu d'eau, vase que l'on bouche avec de l'ouate. Le système est conservé ainsi pendant des temps variables dont la durée est indiquée dans le Tableau ci-dessous. A la fin de l'expérience, on décortique cette moitié d'orange; on prend le poids de son écorce et celui de sa pulpe que l'on soumet à l'analyse. On suppose que la composition initiale de cette moitié est identique à la composition de celle qui a été analysée au début de l'expérience. Voici quelques-uns des résultats que j'ai obtenus :

		Poids de la pulpe de la moitié d'orange à l'état	Acide citrique.	Sucres non réducteurs.	Sucres réducteurs.	Sucres non réd. / Sucres réduct.
I.	23 jours......	initial = 68g	0g,840	2g,643	3g,273	0,80
		final = 67	0,671	2,236	3,233	0,69
II.	28 jours......	initial = 56,7	1,157	1,194	1,616	0,73
		final = 54,0	0,722	0,991	1,586	0,62
III.	44 jours......	initial = 59,8	0,669	1,986	2,211	0,89
		final = 52,6	0,401	1,494	1,859	0,80
IV.	43 jours (dans le vide)....	initial = 64,8	0,494	2,194	2,470	0,88
		final = 66,5	0,395	1,463	2,963	0,49
V.	51 jours......	initial = 64,1	0,808	2,022	2,435	0,83
		final = 50,4	0,252	1,266	2,252	0,56
VI.	60 jours......	initial = 64,7	0,724	2,106	1,936	1,08
		final = 58,5	0,118	1,301	1,406	0,92
VII.	62 jours......	initial = 53,8	0,295	1,722	1,908	0,90
		final = 41,1	0,066	0,898	1,445	0,62
VIII.	60 jours......	initial = 63,1	0,848	1,679	1,985	0,84
		final = 54,1	0,381	1,493	1,710	0,87
IX.	72 jours......	initial = 55,6	1,043	1,779	1,719	1,03
		final = 43,6	0,206	1,176	1,291	0,91

II. On remarquera que la teneur initiale en acide citrique et en matières sucrées est assez variable d'une orange à l'autre; il en est de même du rapport des sucres non réducteurs aux sucres réducteurs.

Le fait constant qui se dégage de ces expériences consiste dans la disparition, au cours de la conservation, d'une partie de l'acide et des matières sucrées. L'inversion du saccharose a eu lieu dans tous les cas, ainsi que l'on pouvait s'y attendre. Le plus souvent la perte en acide a été d'autant plus forte que l'expérience a duré un temps plus long. La perte en matières sucrées est, au contraire, assez irrégulière. Elle est inférieure, quant à son poids relatif, à celle de l'acide. Il semble bien qu'il s'agisse ici d'une oxydation directe, par l'oxygène de l'air, de l'acide et des matières sucrées, oxydation facilitée par la section du fruit. En effet, dans les deux essais III et IV qui ont duré le même temps, l'un, exécuté dans les conditions susindiquées (III), l'autre (IV) en disposant le vase qui contenait l'orange sous une cloche où l'on a maintenu le vide, on observe que, si dans le premier cas la perte en acide s'est élevée à 40,1 pour 100 et la perte en sucres totaux à 20 pour 100, dans le second cas la perte en acide n'atteint que 20 pour 100 et celle des sucres totaux seulement 5 pour 100. Cette différence, attribuable dans une certaine mesure à l'absence de l'oxygène, semble surtout tenir à ce fait que les cellules du fruit sont mortes, ainsi que le montre le changement qui s'opère dans leur consistance.

III. En vue de mesurer approximativement l'intensité respiratoire des oranges à la température ordinaire (12°-15°), j'ai introduit trois de ces fruits entiers sous une cloche dans laquelle circulait, à raison d'une trentaine de litres à l'heure, un courant d'air qui, après son passage sur les oranges, traversait une solution de potasse contenue dans deux tubes de Reiset. Au bout de trois jours, le dégagement de gaz carbonique, calculé en carbone, s'est élevé à $0^g,0311$ pour 100^g de matière. Ces mêmes fruits furent ensuite divisés en deux et l'expérience fut reprise pendant trois jours : le dégagement de gaz carbonique (calculé en carbone) s'est élevé à $0^g,0778$. Enfin, les fruits furent décortiqués et leurs quartiers séparés les uns des autres. Après trois jours, le dégagement du gaz carbonique (calculé en carbone) est monté à $0^g,1307$. L'activité respiratoire des fruits augmente, comme on pouvait le prévoir, avec la grandeur de la surface exposée à l'air.

Un calcul très simple montre que la perte en carbone qu'éprouvent les oranges sectionnées par la moitié ($0^g,0778$ en trois jours, soit $0^g,0259$ en un jour) est à peu près du même ordre de grandeur que celle que l'on déduit, en moyenne et dans le même laps de temps, de la diminution des acides et des sucres dans les expériences consignées dans le Tableau ci-dessus.

En résumé, pendant la conservation des fruits, la maturation progresse en ce sens qu'il y a diminution de l'acidité dans de notables proportions, alors que les matières sucrées éprouvent une perte moindre. Il est naturel d'attribuer ces pertes à une oxydation. Cependant, celles-ci se produisant encore dans le vide, il faut admettre que la diminution de l'acidité n'est pas uniquement imputable à une oxydation, mais qu'elle paraît devoir être mise, en partie, sur le compte d'un dédoublement de nature diastasique.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'évolution des grains d'aleurone du Ricin pendant la germination.* Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Nous indiquons ici, comme suite à une précédente Note [1], quelle est la façon dont se comportent les grains d'aleurone dans l'albumen du Ricin pendant la germination. Nous avons été amené comme précédemment, par l'emploi systématique des colorations vitales, à noter séparément l'évolution dans les cellules périphériques de l'albumen dont les corps aleuriques sont pleins et dépourvus d'inclusions [2], et les cellules profondes qui possèdent les enclaves bien connues depuis Pfeffer [3] (cristalloïdes et globoïdes).

Dans la graine mûre, le vacuome des *cellules périphériques* est formé de grains d'aleurone petits et isolés qui se colorent en totalité (*fig.* 1).

Lorsque la graine de Ricin a été mise à germer, il ne se produit d'abord qu'un gonflement des grains d'aleurone qui conservent une forme arrondie ou ovale. A l'époque où se fait la rupture de la coque de la graine, on constate une déformation progressive des grains d'aleurone qui prennent une forme étoilée ou s'étirent en filaments : ils finissent par se trouver réunis en un réseau dont les trabécules sont très fins, tandis que les points d'intersection sont occupés par des masses plus importantes de métachromatine, qui correspondent aux grains d'aleurone primitifs. Ce réseau se gonfle ensuite lorsque la germination s'avance. Sur des plantules dont la radicule n'a que $1^{cm},5$ de longueur, il n'y a plus déjà que de gros réseaux ou bien deux ou trois grosses vacuoles isolées. Plus tard, on ne trouve plus dans les cellules qu'une vacuole unique de grande taille qui se colore d'une façon de moins en moins intense par le colorant vital. La couche externe de l'albumen ne tarde pas ensuite à

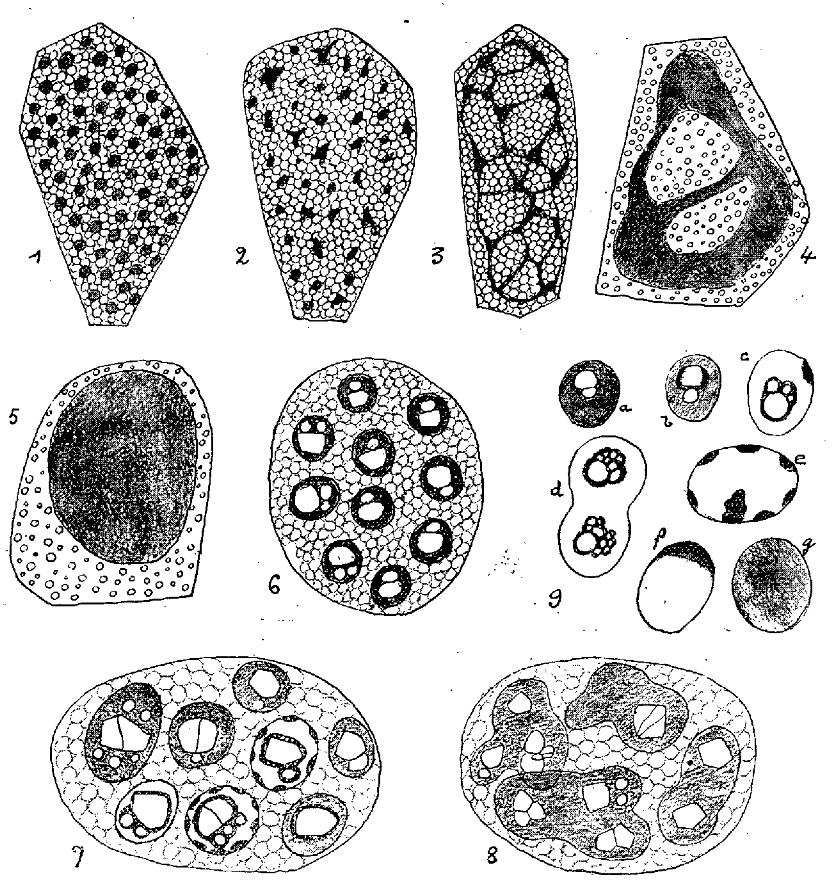
---

(1) Pierre Dangeard, *Sur la formation des grains d'aleurone dans l'albumen du Ricin* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 857).

(2) Après coloration vitale seulement, car certains réactifs, comme l'alcool, font apparaître de petites granulations précipitées.

(3) W. Pfeffer, *Untersuchungen über die Proteinkörner und die Bedeutung des Asparagins beim Keimen der Samen* (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, vol. 8, 1872, p. 429, 575).

se désagréger. Les transformations décrites sont comparables à celles que nous avons observées dans le Pin maritime (¹).



Cellules d'albumen de Ricin colorées vitalement.

Les figures 1, 2, 3, 4, 5 représentent des cellules périphériques d'albumen : 1, dans la graine mûre, grains d'aleurone et globules d'huile; 2, après 7 jours de germination; 3, la radicule émerge, les grains d'aleurone se sont unis en un réseau; 4, la radicule a $1^{cm},5$, gros réseau; 5, la racine a 4^{cm}, vacuole unique. — Les figures 6, 7, 8 représentent des cellules profondes; 6, après 7 jours; 7, la radicule émerge; 8, la racine a $0^{cm},5$. — Figure 9, stades divers de l'évolution des vacuoles dans les cellules profondes; *a*, vacuole gonflée; *b*, *c*, précipitations, fusions de vacuoles, fragmentation des inclusions; *e*, *f*, *g*, les inclusions sont dissoutes.

Les cellules profondes de l'albumen ont à maturité des grains d'aleurone à inclusions, dont la substance fondamentale se teint électivement par les colorants vitaux :

(¹) Pierre Dangeard, *L'évolution des grains d'aleurone en vacuoles ordinaires pendant la germination du Pin maritime* (*Bull. Soc. Bot. Fr.*, 1921, et *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 995).

le cristalloïde et le globoïde restent incolores dans le rouge neutre. A la germination, cette substance augmente beaucoup de volume par absorption d'eau et se transforme en une vacuole liquide fortement colorée qui contient les inclusions : par suite de leur mise en contact, plusieurs vacuoles aleuriques se fusionnent et il en résulte soit une volumineuse et unique vacuole lobée, soit un petit nombre de grosses vacuoles rondes ou ovales. Dès que le suc vacuolaire est devenu fluide, il peut se produire des condensations de la métachromatine sur les bords de la vacuole et autour des inclusions qui persistent : celles-ci sont alors entourées d'une sorte de croûte ou de dépôt chromatique qui les masque plus ou moins. Mais bientôt la substance protéique devenant moins abondante, les vacuoles ne se colorent plus que faiblement et enfin les enclaves se dissolvent et disparaissent, quelquefois après s'être fragmentées.

Ainsi pendant la germination de la graine, le système vacuolaire passe par une série de stades tout à fait comparables à ceux qui s'observent pendant la maturation, avec cette différence que la marche de l'évolution se fait en sens inverse. Il y a donc réversibilité complète dans l'évolution des vacuoles.

On peut résumer ainsi les grandes lignes des phénomènes. Une grande vacuole à contenu très liquide peut se morceler, prendre une consistance demi-fluide (filaments, réseaux) ou même presque solide (grains d'aleurone), puis de nouveau passer par des états filamenteux ou réticulés et revenir à l'état de grande vacuole. Ceci a lieu pour les cellules périphériques; dans les cellules profondes, la marche de l'évolution est sensiblement identique, mais par suite des plus grandes dimensions des grains d'aleurone, il ne se forme pas de vacuome finement réticulé dans ces cellules.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence de saccharose et d'aucubine dans les graines du* Melampyrum arvense *L.* Note de M. **Marc Bridel** et de M[lle] **Marie Braecke**, présentée par M. L. Guignard.

Dans une précédente Note, nous avons montré qu'il existait, dans deux espèces du genre *Melampyrum*, un glucoside dédoublé par l'émulsine en donnant un produit noir insoluble dans l'eau et nous avons émis l'opinion que le noircissement de ces plantes, au cours de la dessiccation, devait être dû à l'hydrolyse de ce glucoside (1).

(1) *Sur la présence d'un glucoside dédoublable par l'émulsine dans deux espèces du genre* Melampyrum (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 414).

Nous avons appliqué aux graines d'une de ces espèces, le *Melampyrum arvense* L., la méthode biochimique de Bourquelot, qui nous a permis d'y déceler la présence d'un sucre hydrolysable par l'invertine et d'un glucoside hydrolysable par l'émulsine. Nous avons réussi à extraire, à l'état cristallisé, sucre et glucoside.

L'essai a été fait sur 14^{g} de graines recueillies sur un lot de plantes qui nous avait été envoyé, le 23 août 1921, de Neuviller-sur-Moselle. Nous avons obtenu les résultats suivants qui ont été ramenés à un liquide dont 100^{cm^3} correspondaient à 100^{g} de graines :

Rotation initiale ($l=2$)	-8°
Rotation après action de l'invertine	$-13^{\circ}20'$
Rotation après action de l'émulsine	$+\ 40'$
Sucre réducteur initial (pour 100^{cm^3})	$0^{g},292$
Sucre réducteur après action de l'invertine	$3^{g},147$
Sucre réducteur après action de l'émulsine	$5^{g},738$

Sous l'action de l'invertine, on a constaté une augmentation de la rotation gauche de $5^{\circ}20'$ et la formation de $2^{g},855$ de sucre réducteur pour 100^{cm^3}. En supposant que les graines renferment du saccharose, cette quantité de sucre réducteur correspond à $2^{g},712$ de saccharose pour 100^{g} de graines.

Sous l'action de l'émulsine, le liquide a pris une teinte noire très foncée, puis il s'est fait un précipité noir et il a fallu agiter avec du noir animal la liqueur déféquée pour parvenir à en faire l'examen polarimétrique. Après une action de 10 jours, on a constaté un changement de la déviation vers la droite de 14° et la formation de $2^{g},591$ de sucre réducteur, soit un indice de 185, tout à fait voisin de celui qu'on a obtenu dans l'essai de la plante entière, 172. Cette quantité de sucre correspondrait à une quantité d'aucubine de $4^{g},621$ pour 100^{g} de graines.

L'extraction du sucre et du glucoside a été faite sur 42^{g} de graines ramassées aux environs de Mantes, par l'un de nous, le 28 août 1921. Les graines, mûres, étaient tombées des Mélampyres desséchés et avaient été trouvées sous la mousse.

Extraction du glucoside. — On a traité les graines par l'alcool bouillant. Par évaporation de la liqueur alcoolique, on a obtenu un extrait huileux qu'on a repris par l'eau. La solution aqueuse, filtrée, évaporée à sec, a donné un extrait qu'on a repris par l'acétone à 10 pour 100 d'eau. On a évaporé la liqueur acétonique et l'on a obtenu un extrait qu'on a épuisé par l'acétone à 2 pour 100 d'eau. Le glucoside a cristallisé dans les deux premières reprises. On l'a purifié par cristallisation dans l'alcool à 90°. On a obtenu finalement $0^{g},47$ de produit pur, séché à l'air, présentant les propriétés suivantes :

Chauffé à l'étuve, à poids constant, il perd 5,91 pour 100 d'eau en brunissant légèrement. Son pouvoir rotatoire est de

$$\alpha_D = -165^{\circ},05 \qquad (p = 0,1444;\ v = 10;\ l = 2;\ \alpha = -4^{\circ}46'),$$

ce qui donne pour le produit anhydre

$$\alpha_D = -174^{\circ},85.$$

En solution aqueuse, il est hydrolysé, à froid, par l'acide sulfurique à 3 pour 100, en donnant un précipité noir et un sucre réducteur. L'indice de réduction que l'on a obtenu est de 131.

L'émulsine l'hydrolyse également en donnant d'abord une liqueur noire dans laquelle il se fait bientôt des flocons noirs. L'indice de réduction obtenu dans cette hydrolyse est de 138.

Toutes ces propriétés sont celles de l'aucubine : le glucoside extrait des graines de *Melampyrum arvense* L. est donc bien de l'aucubine.

Extraction du sucre. — L'extrait, insoluble dans l'acétone à 10 pour 100, a été dissous à l'ébullition dans l'alcool à 95°. Au liquide alcoolique refroidi, on a ajouté un volume d'éther, ce qui a amené la formation d'un précipité. On a décanté le liquide clair, dans lequel il s'est formé des cristaux qu'on a recueillis et séchés à l'air. Ces cristaux présentaient un pouvoir rotatoire de

$$\alpha_D = +65°,5 \qquad (p = 0,0585;\ v = 10;\ l = 2;\ \alpha = +46').$$

Sous l'action de l'invertine la rotation de cette solution a passé de $+46'$ à $-14'$ en même temps qu'il se formait $0^g,6020$ de sucre réducteur pour 100^{cm^3}. L'indice de réduction est 602.

Le produit obtenu est du saccharose.

En résumé, nous avons extrait des graines de *Melampyrum arvense* L. du saccharose et de l'aucubine.

En 1871, Ludwig et Muller ([1]) ont retiré de ces graines un glucoside qui serait, d'après eux, identique avec la rhinanthine, retirée par Ludwig ([2]), en 1870, des graines de *Rhinanthus Crista-Galli* L. La rhinanthine possède, comme l'aucubine, la propriété d'être hydrolysée par l'acide sulfurique avec formation d'un précipité noir insoluble. Mais il n'est pas question, dans l'article de Ludwig, de l'action de l'émulsine sur ce glucoside. En outre, la composition centésimale de la rhinanthine, donnée par Ludwig, ne concorde pas avec celle de l'aucubine, donnée par Bourquelot et Hérissey, et la rhinanthine hydratée fournit à l'hydrolyse par les acides 63 pour 100 de sucre, alors que l'aucubine n'en fournit que 56 pour 100.

Pour élucider complètement cette question, il est donc nécessaire d'extraire, à l'état pur, le glucoside des graines de *Rhinanthus Crista-Galli* L. et de comparer ses propriétés avec celles de l'aucubine.

([1]) *Ueber ein Chromo-Glykosid im Wachtelweizen* (den Samen von *Melampyrum arvense* L.) (*Archiv. d. Pharm.*, t. **199**, 1872, p. 6).

([2]) *Ueber das Rhinanthin* (*Archiv. Pharm.*), t. **192**, 1870, p. 199).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique du méthyl-d-mannoside α.* Note de M. H. Hérissey, présentée par M. L. Guignard.

Des expériences antérieures (¹) ont montré que la méthyl-*d*-mannosidase α contenue dans la graine de luzerne germée, agissant sur le *d*-mannose, en présence d'alcool méthylique de concentration convenable, est susceptible de déterminer une réaction synthétisante, conduisant à la formation de méthyl-*d*-mannoside α. La preuve décisive de la possibilité d'une telle synthèse biochimique ne pouvait évidemment être apportée que par l'isolement du méthyl-*d*-mannoside α lui-même. L'extraction de ce principe a précisément été réalisée au cours des recherches exposées ci-après.

On a préparé 2000^{cm^3} d'une solution présentant la composition suivante, rapportée à 100^{cm^3} :

Mannose	$0^g,9418$
Alcool méthylique à $99^c,5$	10^g
Eau distillée, q. s. p. f.	100^{cm^3}

1900^{cm^3} de cette solution ont été additionnés de 76^g de poudre de luzerne germée et séchée, source de méthyl-*d*-mannosidase α, et de 19^{cm^3} de toluène (mélange 1).

100^{cm^3} de la même solution ont été simplement additionnés de 1^{cm^3} de toluène et conservés comme témoin (mélange 2).

Un troisième mélange a été préparé, qui contenait : alcool méthylique, 10^g, eau distillée, quantité suffisante pour faire 100^{cm^3}; poudre de luzerne germée et séchée, 4^g; toluène, 1^{cm^3} (mélange 3).

Les trois mélanges précédents, agités de temps à autre, ont été abandonnés pendant 125 jours, à la température du laboratoire. Examinés alors au point de vue de leur rotation polarimétrique et de leur teneur en sucres réducteurs, ils ont fourni les résultats suivants, rapportés par le calcul, au volume primitif des liqueurs :

	1.	2.	3.
Rotation ($l=2$)	$+1°11',3$	$+16'$	$+29',3$
Sucre réducteur, exprimé en mannose, pour 100^{cm^3}	$1^g,2190$	$0^g,9418$	$0^g,6137$

Il avait donc disparu, dans le mélange 1,

$$0,9418 + 0,6137 - 1,2190 = 0^g,3365$$

(¹) H. Hérissey, *Action synthétisante de la méthyl-d-mannosidase α* (*Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 1536; *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 7ᵉ série, t. **24**, 1921, p. 321).

de mannose, ce qui, d'après le calcul, doit conduire, dans l'hypothèse de la formation de méthylmannoside α, à une rotation finale de $+1°14'$. Or, on a trouvé $+1°11',3$; la concordance est donc très bonne. Les résultats de cette expérience sont d'ailleurs tout à fait en accord avec celles précédemment effectuées dans la même direction.

Isolement du méthyl-d-mannoside α. — La liqueur obtenue par filtration du mélange 1, additionnée d'un peu de carbonate de calcium, a été concentrée sous pression réduite, jusqu'aux deux tiers de son volume environ, pour éliminer complètement le toluène. Elle a été ensuite soumise à la fermentation, par la levure des boulangers, de façon à détruire le mannose libre et les autres sucres fermentescibles éventuellement apportés par le ferment. On a alors évaporé jusqu'au vingtième environ du volume primitif et additionné, à chaud, la liqueur résiduelle de 8 fois son volume d'alcool éthylique à 95^c, ce qui a déterminé la formation d'un volumineux précipité; après 24 heures, le liquide alcoolique limpide, séparé du précipité, a été évaporé à sec; on a repris l'extrait à reflux par de l'alcool à 95^c (6$^{cm^3}$ à 7$^{cm^3}$ pour 100$^{cm^3}$ du mélange 1 primitif); la liqueur alcoolique a été filtrée après 24 heures au quart de son volume; elle a donné rapidement une cristallisation sur amorce de méthyl-*d*-mannoside α; le produit recueilli et séché à l'air (0^g,12 environ pour 100$^{cm^3}$ de mélange 1) a été purifié par recristallisation dans 10 à 12 fois son poids d'alcool à 95^c; il a été ainsi obtenu sous forme de cristaux tout à fait incolores qui ont été séchés à l'air.

Les essais suivants montrent que le composé ainsi isolé doit être identifié avec le méthyl-*d*-mannoside α obtenu par voie purement chimique :

Il fond au bloc Maquenne exactement à la même température (193°) que ce dernier; il en est de même de son mélange avec celui-ci.

Le pouvoir rotatoire a été trouvé : $[\alpha]_D = +77°,5$ ($v = 15^{cm^3}$, $l = 2$, $p = 0,2775$, $\alpha = +2°,52'$); le méthyl-d-mannoside α, purifié par de nombreuses cristallisations, donne : $\alpha_D = +79°,2$.

La solution aqueuse ne réduit pas la liqueur cupro-potassique; elle ne donne aucun précipité à froid avec l'acétate de phénylhydrazine.

Le produit est hydrolysé à chaud par les acides minéraux étendus : une solution aqueuse ($\alpha = +1°26'$, $l = 2$) contenant, pour 100$^{cm^3}$, 0^g,925 de corps et 2^g,50 d'acide sulfurique, maintenue en tube scellé au bain-marie bouillant, pendant 4 heures, contenait ensuite 0^g,755 de sucre réducteur exprimé en mannose; le calcul indiquait que, s'il s'agissait de méthyl-*d*-mannoside α, la rotation devait être devenue égale à $+21',5$ ($l = 2$); or, l'observation a donné $+20'$; l'hydrolyse n'était pas encore complètement achevée, car, alors, la liqueur aurait dû contenir 0^g,858 de mannose. La liqueur d'hydrolyse, neutralisée par le carbonate de calcium, donnait à froid, après addition d'acétate de phénylhydrazine, un précipité d'hydrazone, caractéristique de ce dernier sucre.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur le pouvoir sulfoxydant des sols.* Note de M. A. **Demolon**, présentée par M. Lindet.

Dans deux Notes antérieures [1], nous avons signalé quelques faits relatifs à l'évolution et à l'action fertilisante du soufre élémentaire incorporé au sol végétal. Les contributions apportées à l'étude de cette action, en France par Boullanger et Dugardin, Brioux et Guerbet, Nicolas, en Amérique par Shedd, Lipmann, Brown et Mac Lean, ont mis au premier plan l'intervention des microorganismes. Toutefois, si l'oxydation microbienne du soufre est bien établie, de nombreux points restent à élucider sur le mécanisme du phénomène, comme il a été fait par ailleurs pour la nitrification. Nous apportons ici quelques résultats d'études poursuivies dans cet esprit, avec la conviction que de patientes recherches sont encore nécessaires avant d'aborder dans de bonnes conditions le domaine des applications agricoles possibles.

Technique adoptée dans l'étude du pouvoir sulfoxydant des sols et des germes isolés. — Après avoir échoué dans nos essais en milieu liquide, même en large surface, où nous n'avons pu éviter la fermentation sulfhydrique, nous nous sommes arrêtés au mode opératoire suivant :

Dans des flacons goulot de 250^g on place 200^g de sable lavé, auquel on incorpore $0^g,500$ de soufre précipité et, dans certains cas, $0^g,500$ de carbonate de chaux précipité. On ajoute 50^{cm^3} du milieu nutritif suivant : urée, 10^g; phosphate de sodium, $0^g,500$; chlorure de calcium, $0^g,100$; chlorure de magnésium, $0^g,100$; sel de seignette, $0^g,500$; glycérine, 20^{cm^3}; eau distillée, 980^{cm^3}. On stérilise et l'on ensemence. Après 30 jours d'étuve à 25°, on extrait les sulfates formés (opération assez longue) par une solution chlorhydrique tiède à 1 pour 100.

Cette technique nous a permis d'opérer dans un milieu défini sensiblement exempt de sulfates, assez comparable au sol au point de vue aération et stérilisable.

Pouvoir sulfoxydant des divers sols. — Les microbes susceptibles d'oxyder le soufre sont présents dans tous les sols; mais leur activité est assez variable, comme le montre le Tableau suivant, donnant les résultats obtenus par ensemencement du milieu défini ci-dessus avec 2 gouttes de délayure de diverses terres (terre, 1; eau, 10).

(1) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 524; t. 156, 1913, p. 725.

		Soufre oxydé en 30 jours par flacon de 200g.
		g
Terres de jardins	Station agronomique	0,141
	Montreuil	0,130
	Ardon	0,136
Terres de grande culture (argilo-sableuses)	Laon, route de Crécy	0,034
	Laon, sucrerie	0,057
	Charente-Inférieure, aux Noyers	0,067
	» aux Nauds	0,150
	» à la Champagne	0,025
Terre à asperges (sableuse)	Athies	0,104
Terre de prairie (sablo-humifère)	Athies	0,151

Ce sont surtout les terres légères riches en matières organiques (terres de jardins) qui nous ont donné le pouvoir sulfoxydant maximum, atteignant 75mg de soufre pour 100g de milieu. Ce sont d'ailleurs ces mêmes terres de jardins où nous avons noté antérieurement l'action la plus nette du soufre sur la végétation.

Rôle du carbonate de chaux. — Quand on opère en milieu renfermant peu d'urée (2 pour 1000), la présence de CO^3Ca active l'oxydation du soufre dans la proportion de 1 à 3. Par contre, avec 1 pour 100 d'urée, la marche de la fermentation est sensiblement la même en présence ou en l'absence de CO^3Ca. La décomposition de l'urée suffit à assurer le maintien de la neutralité du milieu.

Germes doués du pouvoir sulfoxydant. — Dans le cas des eaux on sait que ce pouvoir appartient aux sulfuraires (Thiothrix). Dans le cas du sol les microbes qui oxydent le soufre élémentaire sont des germes ammonifiants. Cette particularité explique que l'addition de soufre au sol provoque une suractivité des phénomènes d'ammonification.

Nos isolements ont été pratiqués sur les fioles ayant servi à l'étude des divers sols en nous bornant à celles où nous avions constaté une oxydation active du soufre. A cet effet, nous avons utilisé pour nos réensemencements, à l'état liquide ou gélosé, soit le milieu indiqué plus haut, soit l'urine fraîche acide diluée de moitié, qui s'est montrée très favorable. Lorsqu'on incorpore au milieu solide un peu de soufre et de sous-nitrate de bismuth, les colonies intéressantes virent progressivement au noir par formation de sulfure de bismuth.

Nous avons retenu trois germes présentant à l'état de pureté un pouvoir sulfoxydant élevé comparable à celui des sols les plus actifs : le B. fluorescens

liquef. membran., le B. mycoïdes et un troisième (n° 16). Ces germes ensemencés à l'état pur dans les mêmes conditions que plus haut ont fourni les résultats suivants :

	Soufre oxydé pour 100g de milieu.
	g
B. fluorescens liquef. membran.	0,085
B. mycoïdes	0,070
B. n° 16	0,069

Un grand nombre d'autres germes isolés dans nos essais se sont montrés doués d'un pouvoir sulfoxydant léger. Cette propriété n'est donc pas bactériologiquement spécifique.

Les ensemencements avec la flore fécale humaine et avec une souche de *Proteus* d'origine intestinale ont donné un résultat négatif. La fermentation sulfurique n'est pas concomittante de la fermentation putride, mais des fermentations aérobies qui lui succèdent dans le sol.

ENTOMOLOGIE. — *La larve de* Limnophora æstuum *Villen., Diptère marin.* Note de M. L. **Mercier**, présentée par M. Bouvier.

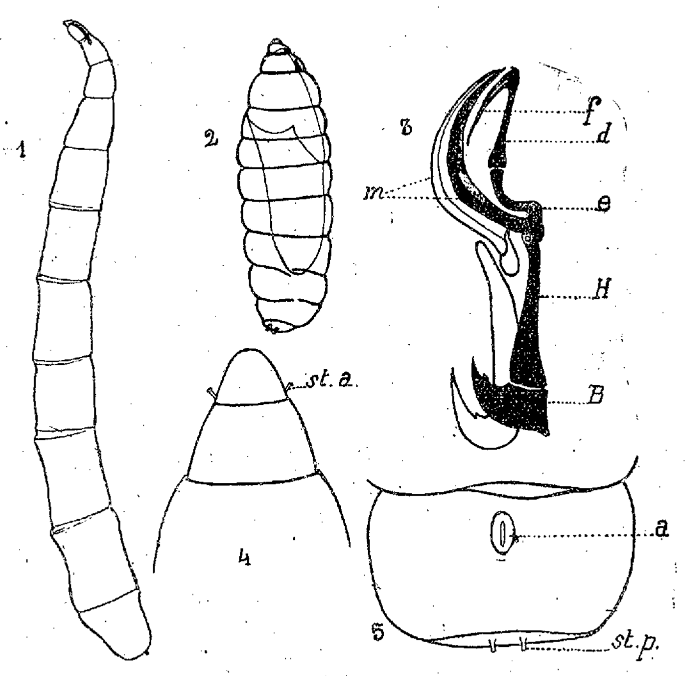
En 1902, Villeneuve [1] faisait connaître une nouvelle espèce de *Limnophora* (Dipt. *Anthomyidæ*), à laquelle il donnait le nom de *L. æstuum.* Les premiers exemplaires de cette espèce avaient été envoyés à l'éminent diptérologiste par M. Gadeau de Kerville, qui les avait capturés à Omonville-la-Rogue (Manche). Villeneuve eut ensuite la bonne fortune de recueillir lui-même, en 1902, un assez grand nombre d'exemplaires de ce Diptère au bord de la mer du Nord, à Blankenberghe (Belgique).

Au cours de chasses faites cette année sur la côte du Calvados, nous avons eu l'occasion, Villeneuve et moi, de capturer un assez grand nombre de *L. æstuum* sur la plage de Courseulles-sur-Mer. Cette espèce peut se rencontrer de juin en août; on la capture de préférence à mer baissante, sur le sable humide, tout près de l'eau. Jusqu'à présent, on ne savait que peu de chose de la biologie de ce Diptère; sa vie larvaire, en particulier, était totalement inconnue. Or j'ai recueilli, cette année, à Luc-sur-Mer, des larves qui, à l'éclosion, m'ont donné *L. æstuum.*

---

(1) Villeneuve, *Description d'une nouvelle espèce de* Limnophora *vivant au bord de la mer* (*Wiener entom. Zeit.*, 21. Jahrg. 1902, p. 197).

Caractéristiques de la larve de L. æstuum. — La larve de *L. æstuum* est du type acéphalé; elle est apode et dure au toucher. En extension, elle mesure 15^{mm} de longueur environ, et son diamètre dans la région moyenne est de 1^{mm},5 à 2^{mm}. Indépendamment de la tête, le corps (*fig.* 1) est composé de



Larve de Limnophora æstuum Villen.
Fig. 1. Larve vue de profil. — Fig. 2. La pupe. — Fig. 3. Armature bucco-pharyngienne. — Fig. 4. Les segments I, II, III, vue dorsale. — Fig. 5. Face ventrale du dernier segment.

onze segments : trois thoraciques et huit abdominaux. La tête, petite, mais bien distincte, présente quelques organes sensoriels; sur sa face inférieure se trouve la bouche. Près du bord postérieur du premier segment, il existe de chaque côté un stigmate antérieur (*fig.* 4, *st. a.*). Le dernier segment (*fig.* 5) porte sur son bord dorso-postérieur deux courts appendices stigmatifères (*st. p.*). La larve, à ce stade, est donc *amphipneustique.* L'anus (*fig.* 5 *a*) se trouve sur la face ventrale du dernier segment.

La cuticule présente, sur le bord antérieur des segments, de petites épines qui aident à la reptation.

A l'ouverture buccale fait suite un organe très complexe dont la charpente constitue l'armature bucco-pharyngienne. Comme chez le plus grand nombre des larves de Diptères cyclorhaphes, cette armature est composée

de trois parties : la pièce basilaire, la pièce intermédiaire et les pièces buccales.

La pièce basilaire ne possède pas le développement habituel signalé par Keilin (1914) [1] chez les Anthomyides. Elle est réduite (*fig.* 3 B) à deux ailes latérales portant chacune un processus dorsal dirigé en avant. Du côté central, les deux ailes sont réunies par une petite plaque faiblement chitinisée. Au niveau de la plaque basilaire, le pharynx ne présente pas de côtes longitudinales sur sa face interne.

La pièce intermédiaire, ou pièce en H des auteurs, est formée de deux longues branches fortement chitinisées (*fig.* 3 H) dont les bords ventraux sont réunis, un peu en arrière du milieu, par une mince travée transverse.

Les pièces buccales comprennent : les deux crochets mandibulaires (*m*), une paire de pièces (*e*) s'articulant respectivement d'une part avec la base du crochet correspondant et d'autre part avec l'extrémité de la pièce en H. Chacune des pièces (*e*) se continue en avant par une tigelle coudée qui s'articule avee une baguette (*d*) dentée à son extrémité libre.

Lorsqu'on examine l'armature bucco-pharyngienne par-dessous, on constate, en outre, l'existence d'une pièce impaire, faiblement chitinisée et qui est située entre les extrémités antérieures des branches de la pièce en H. J'homologue ce sclérite à la pièce hypopharyngienne des auteurs [2]. Enfin je signalerai l'existence, de chaque côté de la bouche, d'une pièce (*fig.* 3 *f*) en forme de ruban chitineux.

Données biologiques sur la larve de L. æstuum. — Les larves de *L. æstuum* sont des animaux marins. Elles vivent à un niveau qui correspond sensiblement à moitié de la zone de balancement des marées; c'est-à-dire qu'à toutes les pleines mers, elles sont recouvertes par plusieurs mètres d'eau. A Luc, ces larves affectionnent tout particulièrement les points de la côte où le facies est mi-partie rocher, mi-partie sable. A marée basse, on les trouve sous les pierres en compagnie des animaux marins caractéristiques de ce niveau.

Fréquemment, j'ai surpris des larves engagées dans des Balanes. Ce fait peut laisser supposer que la larve de *L. æstuum* est carnivore et se nourrit de ces Cirrhipèdes. Cette hypothèse paraît d'ailleurs se justifier

---

(1) Keilin, *Les formes adaptatives des larves des Anthomyides; les Anthomyides à larves carnivores* (*Bull. Soc. entom. France*, 1914, p. 496).

(2) Keilin, *Recherches sur les larves de Diptères cyclorhaphes* (*Thèse*, Paris, 1917).

par la structure de l'armature bucco-pharyngienne. En effet, cet appareil est construit sur le type que Keilin (1914) a décrit comme propre aux larves carnivores d'Anthomyides. Il est à rapprocher, en particulier, de celui de la larve de *Calliophrys riparia* Fall. qu'on trouve dans les mousses qui entourent les petites chutes d'eau et qui se nourrit de petits Oligochètes, de larves et nymphes de *Pericoma* et peut-être aussi de Gammarides.

D'autre part, la larve de *L. œstuum* ne présente pas de côtes ventrales dans le pharynx. Or, bien que Thompson (1921) (1) ait apporté une restriction à la façon de voir de Keilin à ce sujet, il faut se souvenir que ce dernier a constaté que chez les larves carnivores de Diptères cyclorhaphes qu'il a étudiées, il n'y a jamais de côtes dans le pharynx.

Il sera intéressant de comparer la larve de *L. œstuum* aux larves des autres espèces de *Limnophora* qui, à l'état adulte, fréquentent les bords des ruisseaux. Cette étude comparative permettra vraisemblablement de mettre en évidence les caractères *préadaptatifs* qui ont permis à *L. œstuum* de s'adapter à la vie marine.

HISTOLOGIE. — *Interprétation de la profonde différenciation histologique des élytres et cirres dorsaux des Annélides Aphroditiens.* Note de M. **A. Michel**, présentée par M. Henneguy.

La structure des élytres et cirres s'est progressivement révélée complexe; j'ai déjà fourni des compléments plus précis, sur l'ensemble chez *Halosydna gelatinosa* (2), puis surtout sur le tissu fibrillaire en étendant cette étude à d'autres espèces, *Sthenelaïs Boa* (= *Idunœ*) et *Leanira Yhleni* Malmgren (3). Pour interpréter cette différenciation je viens présenter aussi des compléments sur les autres tissus.

La couche superficielle essentielle, simple tissu épithélial de revêtement, peut servir de base à cette comparaison. Les cellules en sont bien visibles par leurs noyaux; arrondis chez *H. gelatinosa*, je les ai vus lobés chez *Lagisca extenuata*, *S. Boa*, *L. Yhleni*. Les cellules se signalent moins par leurs contours polygonaux : souvent, surtout chez *H. gelatinosa*, elles ont semblé séparées par un intervalle clair, illusion tenant à ce qu'alors on n'a reconnu le corps de la cellule qu'aux ponctuations sur la cuticule de fibrilles

(1) W.-R. Thompson, *Recherches sur les Diptères parasites. I. Les larves des Sarcophagidæ* (*Bull. Biol. de la France et de la Belgique*, t. 54, 1921, p. 313).
(2) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 1399.
(3) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 122.

épithéliales; mais l'emploi de certains colorants met en évidence des lignes limites droites, tracées jusque sur la cuticule, et montre les cellules étroitement juxtaposées; assez grandes, elles deviennent vers les élytrophores plus petites, surtout comprimées. Ces cellules sont la plupart plates, cependant souvent avec un prolongement profond, brusque et court; mais en certains points, par exemple au niveau de l'insertion, toutes en présentent, et de taille à les rendre coniques, dirigées vers le pédoncule. Des fibrilles peuvent être produites par ces cellules depuis la cuticule jusque dans les prolongements, que finalement elles continuent.

De plus, la couche superficielle peut déjà elle-même présenter des différenciations. Elles sont assez avancées chez *H. gelatinosa :* dans la zone proche de l'insertion, les cellules sont toutes du type simple de revêtement; mais plus loin, dans presque toute l'étendue des élytres, s'y ajoutent de nombreuses cellules claires, grandes, en outre, plus ou moins saillantes vers l'intérieur, parfois même au point de se terminer pour se loger en un léger enroulement spiral; dans chaque cellule, de la partie profonde, contenant le noyau, part un réseau de filaments, surtout le long des parois; le rôle de ces cellules est probablement mécanique grâce à leur turgescence (cause de leur consistance gélatineuse). Les autres éléments épithéliaux, d'aspect granuleux, sont refoulés et comprimés par ces cellules renflées; celles-ci sont d'abord recouvertes par les bords membraneux et transparents des cellules polygonales dont la couche est encore continue; mais plus loin cette couche de revêtement devient sur les cellules utriculaires tellement mince (jusqu'à peut-être y disparaître) qu'elle ne se présente plus qu'en réseau. Celui-ci débute par des traverses rayonnantes; entre elles s'introduisent les nouvelles grandes cellules claires, soit disséminées de moins en moins, soit brusquement avec une limite tranchée sinueuse; un peu plus loin ces traverses se transforment définitivement en un réseau uniforme, à mailles remplies chacune par une de ces cellules utriculaires.

A la surface se différencient des papilles, simples ou ramifiées, surtout en franges aux bords, et des scabrilles chitineuses, variées suivant l'espèce et la région. Mais, cas particulier, les élytres de *L. Yhleni* sont lisses, dépourvus de scabrilles, et n'ayant ordinairement qu'une seule très petite papille.

La différenciation chez les diverses espèces étudiées peut produire des îlots cellulaires. Parfois ce sont des cellules isolées, ramifiées ou simples ou fibrillaires (¹). Plus souvent ils sont dus à des amas de cellules : les uns sont proches de la surface, soit nus définitivement, ou transitoirement

(¹) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1122.

pendant le développement, soit matrices de scabrilles; d'autres s'étendent plus ou moins en profondeur jusqu'à joindre les deux épithéliums dans les régions minces de l'élytre; certains plus ou moins rattachés à l'épithélium, formés de nombreuses petites cellules, sont à limites tranchées ou au contraire ramifiées; enfin, outre les amas nettement ganglionnaires, il en est de forme semblable, mais d'identité douteuse.

Ainsi la différenciation complique plus ou moins la double couche épithéliale et la couche intermédiaire. Celle-ci a été prise d'abord pour un tissu conjonctif : ce tissu fibrillaire en a bien quelques caractères; mais, d'une part, il est au contraire situé en dehors de la basale; autrement dit, lorsque la cavité générale pénètre plus ou moins dans l'élytre, il n'est pas comme le conjonctif de ce côté de la basale; d'autre part, il n'a pas les caractères ou chimiques ou de colorabilité du conjonctif proprement dit, au contraire il a ici ceux des membranes limitantes, d'ailleurs elles-mêmes à texture fibrillaire. Aussi cette couche interne a ensuite été considérée comme formée de fibrilles unissant les deux cuticules; au contraire j'ai vu ces fibrilles provenant des cellules épithéliales, intriquées, mais sans continuité avec celles de l'autre face. Encore plus exagéré a été le rapport des fibrilles avec la texture des membranes, en les considérant comme nées de la dissociation de la basale sous l'action de cellules pénétrantes : car, en plus des fibrilles épithéliales, j'ai observé des fibrilles complètement internes, elles-mêmes nucléées et en éléments fusiformes ou étoilés, et je conclus à un tissu fibrillaire propre, indépendant de l'épithélium fibrillaire, et comme celui-ci distinct du conjonctif proprement dit.

Donc l'élytre et le cirre, par leurs tissus (épithélial varié, interne fibrillaire, nerveux) naturellement ectodermiques d'origine, me semblent le rester en un ensemble, encore épidermique, quoique très différencié; le tissu fibrillaire interne ne mériterait le nom de *conjonctif* qu'avec un sens plus étendu que celui de conjonctif proprement dit : c'est la ressemblance intéressante, mais superficielle, de l'analogie, plus que la ressemblance plus profonde de l'homologie.

BIOLOGIE. — *Le déterminisme de la ponte chez un Chalcidien* Habrocytus cionicida *J.-L. Licht.* Note de M. **Jean-L. Lichtenstein**, présentée par M. P. Marchal.

Dans une Note récente, M. Picard [1] a montré que le comportement de *Pimpla instigator* L., au moment de la ponte, est décomposable en un certain nombre de mouvements indépendants l'un de l'autre. Il en est de même chez *Habrocytus cionicida* J.-L. Licht., parasite du *Cionus thapsi* [2], où deux réflexes distincts déclanchent : 1° la perforation de la coque du Cione; 2° l'émission de l'œuf. Mais ces actes sont loin d'être aussi simples qu'on pourrait le penser en voyant ce qui se passe chez *Pimpla,* d'après M. Picard.

Cet auteur place le déterminisme du premier acte : perforation, dans une violente sensation olfactive. Chez *Habrocytus* au contraire, l'odorat ne semble jouer aucun rôle. Normalement le parasite perfore les coques de Cione et pond sur la larve après l'avoir paralysée [2]. Mais aussi bien est-il incité à perforer par des coques vides, soit qu'on en ait retiré la larve, soit que l'adulte ait été libéré, et sans pour cela qu'il fût nécessaire de les enduire de sang larvaire. Bien plus, le parasite peut percer tout objet qu'il rencontre, ressemblant quelque peu à une coque. Ainsi il darde sa tarière, en dépit de tout profit pour lui ou sa larve, dans des fruits de *Verbascum*, des fruits d'asperge secs et vides, des pupes de Syrphides vides, des capitules de Composées, des cécidies d'*Asphondylia verbasci*, des nymphes de Coccinellides, des galles de *Rhodites eglanteriæ*, des fruits de Réséda, des dépouilles de chrysalides de Lépidoptères.

Si l'on mêle ces divers objets en un cristallisoir avec des coques de Cione normales, un *Habrocytus* n'est pas spécialement attiré ni excité par ces dernières; il va de l'un à l'autre en perforant au passage. Il est donc évident que ce n'est pas une sensation olfactive qui déclanche le réflexe du perforage, car s'il en était autrement, on ne s'expliquerait pas bien qu'il puisse être déterminé par des substances provoquant des sensations fort différentes les unes des autres; d'autre part, une larve de Cione à nu n'attire pas

---

(1) F. Picard, *Le déterminisme de la ponte chez un Hymenoptère térébrant, le* Pimpla instigator (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1617).

(2) J.-L. Lichtenstein, *Sur la biologie d'un Chalcidien* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 733).

l'*Habrocytus* qui fuit au contraire à son contact. Ainsi l'odorat ne joue pas de rôle prédominant. Il doit en être de même de la vue pour des raisons analogues : diversité des formes et couleurs des objets perforés.

Quant au dépôt de l'œuf, il n'est pas uniquement sous la dépendance d'une sensation tactile de vide ou de plein. La ponte n'est pas effectuée, si, après perforation d'une coque, la tarière rencontre le vide, mais le plein qu'elle doit ressentir n'est pas quelconque. Si l'on introduit dans une coque vide ou tout autre élément susceptible d'être perforé, une larve de Cione, ou une chenille de Lépidoptère, ou encore des larves de Cynipides, de Crabronides, de Diptères, de jeunes Araignées, celles-ci déterminent l'émission de l'œuf; dans d'autres cas la ponte n'est pas déclanchée, par exemple au contact d'un abdomen de mouche, de papier mâché, de gélatine, de fragments de cécidiés, d'un imago de Cione encore mou. Le réflexe est donc sous la dépendance d'une sensation de plein, mais d'un plein réagissant sous la piqûre, bref d'une proie vivante. Les exceptions indiquent que toute proie vivante ne déclanche pas le réflexe : les larves d'*Anobium* entre autres, que d'autre part une larve déjà paralysée peut recevoir un œuf, et même que la ponte peut avoir lieu sans qu'il y ait de larves (exemples de « l'erreur de l'instinct » d'un *Lygellus*, cité par Marchal, d'un Braconide pondant dans un capitule azoïque de Picard et Rabaud).

En général un *Habrocytus* venant d'être fécondé hésite davantage à perforer autre chose que les coques de Cione. Par contre une femelle ayant déjà effectué un certain nombre de pontes dans une coque normale, se trouve dans un état tel que les réflexes sont considérablement activés. Cette sensibilité accrue dérive de la nécessité d'éliminer les œufs et les sécrétions glandulaires. Une telle femelle est si fortement excitée à percer que la tarière est dardée à fréquents intervalles, sans même qu'aucun facteur externe y soit pour quelque chose : ainsi, mise en verre de montre, elle s'efforce à piquer le verre. On comprend par suite qu'elle puisse perforer n'importe quel objet transperçable et y pondre s'il contient une proie vivante ou même, dans certains cas d'excitation exceptionnelle, s'il se montre vide.

Ainsi, chez les femelles vierges ou venant d'être fécondées, le déterminisme de la perforation dépend de facteurs externes, probablement d'un contact ou d'un équilibre particulier. Chez celles qui ont effectué déjà un certain nombre de pontes, un facteur physiologique domine les autres; mais il n'est pas assez puissant, en général, pour provoquer l'émission de l'œuf qui est sous la dépendance de la sensation tactile d'un plein spécial.

BIOLOGIE. — *Sur les changements périodiques d'habitat du Thon commun* (Orcynus thynnus) *et sur leur liaison avec les conditions de milieu.* Note de M. **Louis Roule**, présentée par M. L. Joubin.

Une très intéressante Communication de M. Ed. Le Danois (séance du 21 novembre 1921) vient de démontrer que le Thon blanc, ou Germon, de l'océan Atlantique, se rencontre seulement, au cours de la saison de pêche, dans les eaux ayant une température supérieure à 14° C. Le Germon serait donc sténotherme. Cette constatation précise celle du roi don Carlos de Portugal (1898-1899), qui affirmait n'avoir jamais vu de Germons dans des eaux ayant une température inférieure à 13°. Elle corrobore également mes propres recherches sur le Thon commun de la Méditerranée (1913-1918), que je complète ci-après.

La sténothermie est encore plus prononcée chez le Thon commun que chez le Germon. A l'époque de mes observations (septembre 1917), la pêche était effective dans des eaux marquant, de la surface à 25^{m} de profondeur, 20° à 22° C.; alors qu'elle était nulle ou faible dans des eaux n'ayant que 16° à 18°.

Ces constatations, faites sur des Thons erratiques pendant la pêche d'été, s'accordent avec celles que j'ai effectuées en Sardaigne sur les Thons génétiques pendant la pêche du printemps; les rendements de la pêche sont les plus considérables lorsque les eaux accusent 18° à 19°, ou davantage, que lorsqu'elles marquent 16° à 17°.

Cette sténothermie s'associe, chez le Thon commun, à une sténohalinité évidente, que le Germon paraît ne point avoir, ou qu'il possède avec moins d'intensité. Les pêches au Thon génétique dans les madragues de la Sardaigne, donnent des rendements plus considérables lorsque la salinité des eaux augmente (37,52 à 37,63), que lorsqu'elle s'établit à un taux plus bas (37,45 à 37,48). De même, mes observations m'autorisent à présumer que la diminution de la pêche du Thon, sur plusieurs points du littoral, se rattache à l'augmentation locale des apports d'eau douce dus au voisinage de grandes villes ou à des assèchements spéciaux.

Une conséquence intéressante de cette sténohalinité, associée à la sténothermie, porte sur les rendements des madragues. Ces pêcheries fixes, étant montées à proximité du littoral, sont influencées par les apports d'eau douce provenant des fleuves voisins et des nappes phréatiques s'écoulant dans la mer; leurs rendements diminuent lorsque ces apports augmentent pendant la saison de pêche (mai-juin) ou immédiatement avant elle. Il en résulte une relation entre le régime des pluies locales pendant le mois d'avril et les rendements de la pêche; à un régime sec correspond habituellement une production moyenne ou forte, et à un régime humide, correspond une production plus faible. Ainsi, pour deux madragues de la Sardaigne (Porto-Senso et Isola-Piana), dans la série des années allant de 1905 à 1914 inclus, les années 1905, 1906, 1909, 1910, 1911, où la pluviométrie d'avril fut faible (11^{mm},1 à 22^{mm},3), les

rendements furent élevés (9614 à 18594 Thons selon l'année); par contre, dans les années 1907, 1908, 1912, 1913, 1914, la pluviométrie fut plus forte (32^{mm},5 à 73^{mm},8) et les rendements se sont montrés plus petits (5382 à 8028 Thons selon l'année).

On peut conclure de ces constatations, comme je l'ai déjà fait dans l'un de mes Mémoires (1918), que l'habitat du thon est d'ordre océanographique plutôt que d'ordre strictement topographique. Le thon commun dans la Méditerranée, et sans doute il en est de même pour le Germon dans l'Océan, se tient dans des eaux à isothermes et isohalines déterminées; c'est en elles qu'il accomplit ses migrations de rassemblement et de dispersion. Non seulement il s'y déplace selon la conduite de ces migrations, mais il suit également ces eaux dans leurs propres mouvements d'extension ou de retrait selon les saisons ou les courants.

Son habitat est variable par conséquent; il se modifie sous ces deux impulsions, d'après un rythme annuel et régulier, où l'influence des conditions de milieu joue le rôle prépondérant. J'estime en outre que ces conclusions peuvent s'appliquer aux autres poissons saisonniers à déplacements réguliers, et à la plupart des animaux moins migrateurs.

PROTISTOLOGIE. — *Microsporidies à spores sphériques.* Note (1) de MM. **L. Léger** et **E. Hesse**, présentée par M. Henneguy.

On sait que la plupart des Microsporidies ont des spores ovoïdes ou piriformes, petites et brillantes, dont les corpuscules de Pébrine (*Nosema bombycis*) représentent le type classique. Cependant, en 1911, Chatton et Krempf, reconnaissant la nature microsporidienne des *Octosporea* Flu., nous ont fait connaître des spores bacilliformes et, en 1916, nous avons nous mêmes signalé, sous le nom de *Mrazekia*, des Microsporidies à spores tubuleuses de grande taille. Nous allons montrer aujourd'hui qu'il existe également des Microsporidies chez lesquelles la spore, toujours extrêmement petite, est parfaitement sphérique.

Nous pensons que cette forme si caractéristique de la spore justifie la création d'un genre nouveau auquel nous donnerons le nom de *Cocconema* et dont nous allons décrire brièvement plusieurs espèces parasites des animaux d'eau douce.

Dans toutes ces diverses espèces du genre *Cocconema*, la spore se montre

(1) Séance du 5 décembre 1921.

d'ailleurs avec des caractères identiques : c'est une petite boule claire et brillante à aspect de Microcoque de 2^{μ} à 3^{μ} à peine, et montrant à maturité, sur le vivant, une zone moins réfringente, circulaire ou en croissant, selon la position suivant laquelle on l'observe et correspondant, sans doute, à la vacuole postérieure des spores ovoïdes typiques. Diverses méthodes d'extrusion du filament capsulaire permettent d'obtenir la dévagination et montrent que celui-ci, souvent encore tordu en spirale après sa sortie, est plus court et plus épais que dans les spores ovoïdes.

Les spores de *Cocconema* présentent le développement et la structure fondamentale que nous avons décrits chez les spores ovoïdes typiques (1). Au début, le sporoblaste sphérique montre deux petits noyaux valvaires, un noyau capsulaire et le gros noyau du germe. Puis le filament se différencie et l'enveloppe se condense en devenant très réfringente. Dans la spore mûre, plus petite que le sporoblaste, les imprégnations argentiques montrent que le système capsulaire occupe la plus grande partie de la cavité sporale; le germe, très réduit, avec un noyau géminé, étant au pôle opposé et semblant parfois en relation avec l'appareil filamentaire.

Dans toutes les espèces de *Cocconema* que nous avons observées jusqu'ici, les spores étaient soit éparses, soit groupées en amas sphériques de nombre variable selon les espèces, mais toujours sans paroi kystique propre.

Diagnose du genre et des espèces. — *G. Cocconema* n. g. — Microsporidies à spores sphériques, très petites, cocciformes avec filament spiral assez court, diversement groupées selon les espèces, en amas sphériques ou ovoïdes non protégés par une enveloppe kystique propre.

C. micrococcus n. sp. — Spores de $1^{\mu},8$ à 2^{μ} à peine; parfois jumelées. D'abord groupées en amas sphériques de nombreux éléments et diffusant ensuite dans tout le tissu adipeux de l'hôte qui donne alors l'impression d'une culture de Microcoques. Stades schizogoniques observés dans la même région.

Habitat : Larves de *Tanypus setiger* Kieffer (Dipt.) Grenoble et Montessaux (Haute-Saône). Les larves infestées sont d'aspect laiteux et comme tuméfiées. Indolentes, elles périssent rapidement en aquarium.

C. polyspora n. sp. — Spores de 2^{μ} à $3^{\mu},20$, groupées en amas sphériques comprenant un nombre variable mais toujours assez grand d'éléments (16, 32 et plus).

Habitat : Tissu adipeux des larves de *Tanypus* spec. (Dipt.) Grenoble.

C. octospora n. sp. — Spores de $2^{\mu}10$ groupées le plus souvent par huit dans les cellules de l'épithélium intestinal des larves de *Tanytarsus* spec. (Dipt.). Ruisseaux vaseux de Grenoble.

C. slavinæ n. sp. — Spores de 3^{μ} en amas sphériques ou ovoïdes comprenant de

(1) *Ann. Un. de Grenoble*, t. 19, n° 3, 1907, et *C. R. Soc. Biol.*, Paris, 1916.

nombreux éléments, dans les cellules de l'épithélium intestinal souvent hypertrophiées, de l'hôte. Schizogonie avec stades amæbiformes dans la même région.

Habitat : Intestin de *Slavina appendiculata* Udek. (Oligoch.) Montessaux (Haute-Saône).

C'est peut-être aussi dans notre genre *Cocconema* que devra rentrer le *Glugea coccoïdea* signalé par L. Pfeiffer (1895) dans l'hypoderme de *Daphnia pulex* et *Limnetis*. En effet, bien que l'auteur ne précise pas la forme des spores, il les compare pour la taille à des Staphylocoques et le nom qu'il donne à cette espèce semble bien impliquer qu'elles sont sphériques.

Toutes ces spores de *Cocconema* rappellent d'autre part, par leur forme, leur aspect et leurs dimensions exiguës, les spores également rondes, mais toujours protégées par une enveloppe kystique, des *Chytridiopsis*, et l'on est ainsi amené à se demander s'il n'y aurait pas d'étroits rapports de parenté entre ces deux organismes. Nos observations sont encore insuffisantes pour nous prononcer sur ce point, mais le fait que nous avons observé côte à côte, chez les Blaps, des kystes chytridiopsidiens, les uns à spores sphériques, les autres à spores ovoïdes et de même ordre de grandeur, rend cette hypothèse digne de retenir l'attention.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la germination des spores du mildiou de la vigne.* Note de MM. L. Ravaz et G. Vergé, présentée par M. Pierre Viala.

L'émission et la germination des zoospores d'été du *Pl. viticola* sont liées à des conditions de milieu très étroitement limitées. Les eaux naturelles ne conviennent pas également. Les eaux de drainage et d'un puits des environs de Montpellier sont absolument réfractaires à toute émission de zoospores. Quoique provenant de terrains plantés en vignes copieusement sulfatées, il ne nous a pas été possible d'y trouver des traces appréciables de cuivre. Une eau de source d'une région non viticole de l'Allier est tout aussi défavorable; et l'eau de la ville de Montpellier, qui vient de terrains non plantés en vigne, de même que l'eau distillée dans le verre, ne donnent qu'irrégulièrement des germinations.

Ces propriétés, que des différences de conductibilité électrique ne suffisent pas à expliquer, peuvent être modifiées par des apports de petites quantités de substances diverses. L'acide sulfurique, l'acide carbonique et même du sulfate de cuivre à très faible dose suffisent parfois pour atténuer leurs propriétés stérilisantes et les rendre propres à la germination.

Par contre, dans l'eau de pluie ou de rosée, et même dans l'eau bi-distillée, la germination s'effectue régulièrement.

Finalement, c'est l'eau de pluie que nous avons adoptée pour étudier l'action stérilisante de diverses substances toxiques sur les germes du mildiou de la vigne, nous rapprochant ainsi le plus possible des conditions de la nature.

Les cultures ont toutes été faites dans des verres de montre contenant $0^{cm^3},5$ à 1^{cm^3} de la solution toxique à étudier et maintenues sous cloche, dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau, à la température d'une serre chauffée. Chaque série d'essais comportait toujours des cultures dans l'eau seule.

Ici encore, pour des germes de même âge et au même état, les résultats paraissent tout d'abord un peu incohérents : dans des solutions toxiques concentrées des germinations se produisent qui n'ont pas lieu dans des solutions plus étendues. Les causes de ces divergences paraissent tenir : 1° au volume de la solution et à sa tension superficielle qui maintient les conidies seulement immergées en partie, et par suite à l'étalement du liquide; 2° et au nombre de germes mis dans chaque culture.

Et c'est sans doute à ces particularités, tant de la nature des eaux que du mode d'ensemencement, que doivent être attribués les écarts souvent considérables de toxicité signalés pour une même substance.

De nos essais, qui sont au nombre de plus de 600, il résulte que l'acide sulfurique dans l'eau de pluie arrête la germination au $\frac{1}{50000}$; le sulfate de cuivre entre $\frac{1}{3000000}$ et $\frac{1}{4000000}$, solutions correspondant en moyenne à $\frac{1}{10000000}$ de cuivre métal; le sulfate de chaux en solution saturée n'arrête pas la germination, et le carbonate de soude n'est actif qu'à $\frac{1}{8000}$-$\frac{1}{7000}$.

Pour la soude et la chaux, il faut prendre quelques précautions. Les cultures, faites sous cloche humide dépouillée de l'acide carbonique, restent stériles jusqu'au $\frac{1}{70000}$-$\frac{1}{80000}$ pour l'eau de chaux (et au $\frac{1}{20000}$ pour la soude).

Mais, dans l'air ordinaire, les solutions de chaux et de soude perdent très vite leur pouvoir toxique par suite de la carbonatation qui, pour la chaux, se révèle, après moins de *une heure d'exposition à l'air*, par la formation en surface d'une pellicule de cristaux de carbonate de chaux. Un lait de chaux à 6 pour 100 pulvérisé sur le feuillage d'une souche maintenue sous cloche humide pendant une nuit ne réagit plus à la phtaléine le lendemain. Une souche analogue, traitée au même lait de chaux, devient immédiatement d'un beau rouge au même indicateur; elle redevient incolore le lendemain si la nuit est humide; seul le tournesol passe encore très légèrement au bleu;

mais, virant au-dessous de Ph 7,07, il indique aussi bien une acidité finissante qu'une alcalinité commençante.

Il suffit donc d'un temps très court, moins d'une nuit parfois, pour que la chaux de nos bouillies cupriques soit sensiblement neutralisée. Ces faits expliquent les insuccès des bouillies où la chaux était le seul élément actif.

On a admis que les eaux atmosphériques ne peuvent dissoudre que des quantités extrêmement faibles de cuivre et, en tout cas insuffisantes pour devenir impropres à la germination des spores du *Pl. viticola*.

Cependant, si l'on examine les eaux de rosée prélevées à la surface des feuilles traitées avec une bouillie cuprique légèrement alcaline, on y trouve, dans la partie limpide, des quantités très élevées de cuivre correspondant jusqu'à $\frac{1}{10000}$ ou $\frac{1}{7000}$ de sulfate de cuivre. Les eaux de pluie qui, en tombant, ont lavé les feuilles, nous ont donné, suivant la vitesse de chute, des solutions correspondant au titre de $\frac{1}{50000}$ à $\frac{1}{10000}$ de sulfate de cuivre. Dans ces eaux aucune germination ne se produit, non seulement immédiatement après l'application de la bouillie, mais après 1, 2, 7, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 20 jours et après des chutes successives d'eau correspondant à $19^{mm},4$, $53^{mm},1$, $0^{mm},5$ (rosée); $19^{mm},1$, $11^{mm},2$, $0^{mm},4$ (rosée); $41^{mm},4$, $92^{mm},8$, $1^{mm},8$, $0^{mm},2$ (rosée). Ceci montre, en outre, la persistance des bouillies cupro-calciques sur les feuilles. C'est seulement après les pluies torrentielles de $41^{mm},4$ et $92^{mm},8$ précitées que la presque totalité du cuivre apporté avait disparu; encore la petite quantité restante était-elle suffisante pour rendre l'eau de rosée stérile.

En résumé, la chaux en se carbonatant perd trop vite ses propriétés toxiques pour être pratiquement efficace. La bouillie cupro-calcique résiste longtemps à l'entraînement par les eaux de pluie ou de rosée, et elle leur cède des doses de cuivre très largement suffisantes pour les rendre impropres au développement des germes du mildiou.

MICROBIOLOGIE. — *Facteur de croissance dans les cultures de* Leishmania Donovani. Note de MM. **René Legroux** et **J. Jimenez**, présentée par M. Félix Mesnil.

La culture des Leishmanies s'obtient facilement *in vitro* dans un milieu nutritif contenant du sang défibriné (Novy et Mac Neal), ainsi que dans le

milieu préparé très simplement par la méthode de Ch. Nicolle [1] en incorporant le sang défibriné à de l'eau stérilisée gélosée.

Nous avons cherché quels éléments du sang étaient utilisés, de préférence, par les Leishmanies.

Les globules rouges, lavés à plusieurs reprises à l'eau physiologique isotonique, ne sont pas capables de provoquer la culture; le sérum, sans globules, permet une culture de moyenne abondance.

Au cours de nos essais, certains échantillons de sérums semblaient plus favorables à la culture que d'autres; ils provenaient de sang qui avait été défibriné lors de la saignée, tandis que les autres étaient obtenus après coagulation lente. Nous avons pensé que, pendant l'agitation du sang en présence de perles de verre pour séparer la fibrine, il pouvait y avoir une altération des globules blancs dont le contenu passant dans le sérum favorisait la culture; les parasites, dans les organismes infectés, sont du reste toujours intracellulaires, en général intraleucocytaires; ce sont des phagocytozoaires.

Guidés par cette hypothèse, nous avons préparé, au moyen de la technique indiquée par l'un de nous [2], des macérés de moelle osseuse rouge et de rate : dans ces liquides, stérilisés par passage à travers bougies Chamberland F, les Leishmanies pullulent, présentant en 4 à 6 jours de nombreuses formes allongées très mobiles. Les macérations de foie ne donnent qu'irrégulièrement des cultures très pauvres; avec le poumon, le testicule, le cerveau, le liquide amniotique, nous n'avons pu obtenir de pullulation des parasites. Le sang et les organes employés ont été prélevés sur des lapins, des moutons, des veaux, des chevaux, avec des résultats identiques.

Ces macérations sont faites à 75° pendant 20 minutes; le sérum peut être coagulé en tubes stériles : la culture est abondante dans le liquide de la partie inférieure du tube.

Ces différents extraits actifs sont altérés par un chauffage à des températures supérieures à 75°; suivant les milieux employés, une température de 90° ou de 100° les rend inaptes à la culture des Leishmanies : dans l'extrait de rate porté à 90° pendant 20 minutes, la culture n'est plus possible, tandis qu'il y a encore pullulation, très minime, dans l'extrait de moelle osseuse qui a subi pendant 20 minutes une température de 100°.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 140, 1908, p. 842.
(2) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 597 ; t. 170, 1920, p. 901.

Mathis avait, du reste, signalé (¹) qu'il était possible de stériliser par chauffage discontinu entre 80° et 100° les milieux de culture de Ch. Nicolle.

Le mode d'extraction de la substance leucocytaire utilisée par les Leishmanies pour leur culture *in vitro*, ainsi que la destruction de cette substance à une température voisine de 100°, la rapprochent des extraits globulaires que nous avons employés pour l'étude du bacille de l'influenza.

MÉDECINE. — *Chronaxies des nerfs sensitifs rachidiens du membre supérieur de l'homme. Égalité régionale des chronaxies sensitives et motrices.* Note (²) de MM. **Georges Bourguignon** et **Angel Radovici**, présentée par M. d'Arsonval.

Lorsqu'on excite un nerf sensitif pur ou mixte avec un courant assez fort, on détermine chez le sujet une sensation de fourmillement qui se propage le long du nerf et couvre exactement tout son territoire d'innervation sensitive. Au seuil, la sensation de fourmillement apparaît en un point très limité de ce territoire.

C'est cette propriété qui nous a permis de mesurer la chronaxie des nerfs sensitifs par excitation des troncs nerveux au membre supérieur. La technique est la même que pour les muscles et nerfs moteurs, en méthode monopolaire avec les décharges de condensateurs (³). Nous avons contrôlé quelques mesures avec le rhéotome balistique de Weiss, comme G. Bourguignon et H. Laugier l'ont fait pour les chronaxies motrices de l'homme (⁴).

I. Nous avons d'abord déterminé les points d'élection des principaux troncs nerveux sensitifs du membre supérieur (voir *fig.* 1). Nous en avons ensuite mesuré la chronaxie et nous avons vu qu'elle les classe (voir *fig.* 2) en quatre groupes, qui sont indépendants à la fois de la distribution radiculaire et de la distribution périphérique. *La distribution de la chronaxie sensitive dépend de celle des muscles et des nerfs moteurs :* LES TÉGUMENTS SONT INNERVÉS PAR DES NERFS SENSITIFS DE MÊME CHRONAXIE QUE CELLE DES MUSCLES SOUS-JACENTS. C'est ce qui ressort du tableau suivant, dans lequel nous donnons le groupement des nerfs sensitifs du membre supérieur par la chronaxie, et, en regard, la chronaxie des nerfs et muscles correspondants (⁵) :

(¹) *C. R. Soc. Biologie*, t. 71, déc. 1911, p. 538.

(²) Séance du 5 décembre 1921.

(³) G. Bourguignon, *Soc. Biol.*, 30 avril 1921.

(⁴) G. Bourguignon et H. Laugier, *Soc. Biol.*, 5 mars 1921.

(⁵) *Nota.* — La rhéobase des fibres sensitives est beaucoup plus petite que celle des fibres motrices, de sorte que, sur un nerf mixte, on obtient le seuil de la sensation bien avant la moindre contraction musculaire : cette circonstance rend très facile la

Origines radiculaires.	Nerfs sensitifs.	Chronaxies.	Groupes.	Chronaxie moyenne par groupe.	Territoires cutanés.	Chronaxie ([1]) des muscles sous-jacents
$C^4C^5C^6$.	Rameau sensitif du plexus cervical.	s 0,00012	N° 1	0,00012	Epaule et face antérieure du bras.	0,00008 à 0,00016
	Rameau antérieur du circonflexe..	0,00012				
	Branche brachiale du nerf radial..	0,00012				
C^6C^7.	Nerf circonflexe	0,00012				
	Rameau cutané externe du radial .	0,00016	N° 2	0,00018	Face postérieure du bras.	0,00020
	Brachial cutané interne.........	0,00020				
$C^7C^8D^1$.	Musculo-cutané................	0,00028	N° 3	0,00030	Face antéro-interne de l'avant-bras et paume de la main.	0,00024 à 0,00032
	Médian.........................	0,00032				
	Cubital.........................	0,00032				
	Brachial cutané interne..........	0,00048	N° 4	0,00049	Face postéro-externe de l'avant-bras et face dorsale de la main.	0,00044 à 0,00060
	Branche sensitive du radial (avant-bras)......................	0,00048				
	Rameau postérieur du cubital....	0,00052				

II. Nous avons trouvé, sur la région de la peau recouvrant la face interne du long supinateur, à l'union du muscle et du tendon, un point dont l'excitation détermine une sensation profonde de fourmillements se propageant le long du tendon et se terminant par une petite sensation de choc au niveau de la styloïde radiale : il s'agit donc du filet nerveux sensitif innervant l'insertion du tendon du long supinateur à la styloïde radiale. La chronaxie de ce filet nerveux est de $0^s,00012$, c'est-à-dire la même que celle du long supinateur et du biceps, qui se contractent dans le réflexe dit « radiopériosté », qu'on déclenche justement par la percussion de la styloïde radiale. De même, le réflexe palmo-mentonnier, décrit par G. Marinesco et A. Radovici ([2]) met en jeu des muscles de même chronaxie que celle des nerfs sensitifs de la région excitée : l'excitation de la peau de l'éminence thénar avec une épingle fait contracter les muscles du menton et même, d'après l'observation de l'un de nous, souvent les muscles de l'éminence hypothénar. Or les muscles innervés par le facial inférieur ([3]) et par le médian et le cubital ont la même chronaxie que les nerfs

détermination du seuil sur tous les nerfs sensitifs, purs ou mixtes. D'autre part, il est remarquable que les seuils sensitifs ont une précision encore plus grande que les seuils moteurs, et que les écarts sont très minimes sur divers sujets et d'une expérience à l'autre sur le même sujet, pour la chronaxie.

([1]) G. Bourguignon, *Comptes rendus*, t. **163**, 1916, p. 68; t. **164**, 1917, p. 243; *Soc. franc. d'Électroth. et Radiol.*, janvier et février 1920.

([2]) G. Marinesco et A. Radovici, *Revue neurologique*, n° **3**, mars 1920.

([3]) G. Bourguignon et A. Tupa, *Soc. de Biologie*, 26 novembre 1921.

sensitifs de la face palmaire de la main. Nos résultats concordent avec ceux de L. Lapicque qui a montré, par l'étude du réflexe chez la grenouille, que le nerf sensitif a la même chronaxie que le nerf moteur correspon-

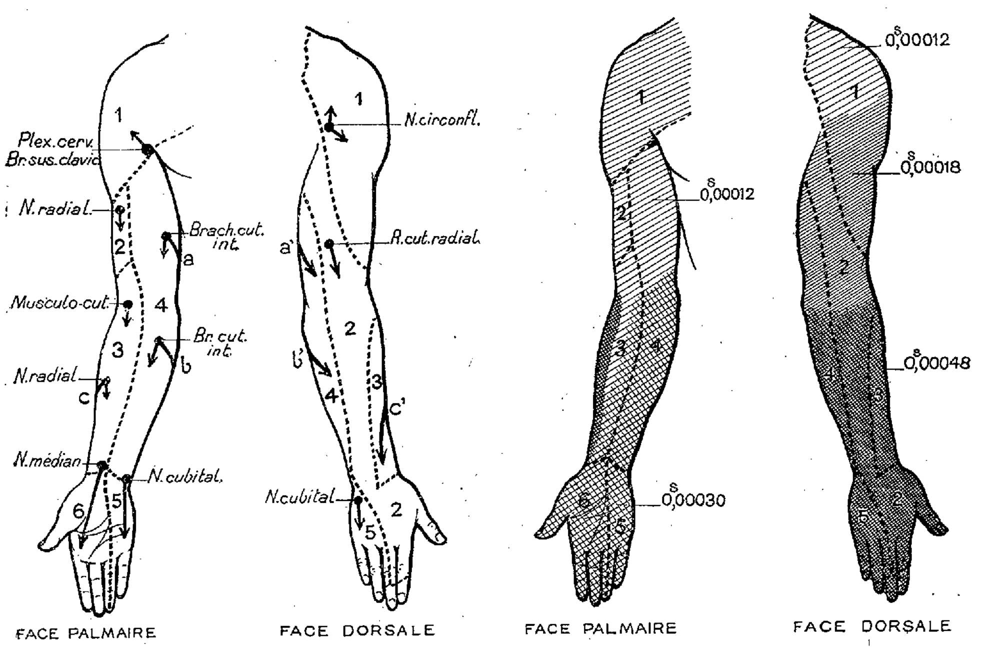


Fig. 1. — Points d'élection d'excitation des nerfs sensitifs.

Fig. 2. — Distribution régionale des chronaxies sensitives.

Points : situation de l'électrode. — Flèches : direction des fourmillements. — Lignes pointillées : territoires d'innervation périphérique (d'après Poirier). — 1. Plexus cervical et nerf circonflexe. — 2. Radial. — 3. Musculo-cutané. — 4. Brachial cutané interne. — 5. Cubital. — 6. Médian.

dant. Mais ils en diffèrent en ce que, pour provoquer le réflexe, L. Lapicque a dû faire sur le nerf sensitif des excitations itératives, tandis que nous provoquons la sensation par une excitation isolée.

De ces recherches, nous pouvons donc conclure :

1° Il y a, au membre supérieur, quatre chronaxies sensitives comme il y a quatre chronaxies motrices, et les chronaxies sensitives et motrices sont égales entre elles *pour une même région*. La classification des nerfs sensitifs par la chronaxie est associée à la classification fonctionnelle des muscles et des nerfs moteurs.

2° Cette association explique, au moins en partie, certains réflexes, comme le réflexe radio-périosté et le réflexe palmo-mentonnier.

3° Nos résultats viennent à l'appui de la théorie de L. Lapicque sur le fonctionnement nerveux élémentaire [1].

Le système nerveux apparaît comme un vaste système de résonances. Les répercussions des lésions d'un nerf sur un autre de même chronaxie, découvertes par l'un de nous [2], sont une autre expression du même fait, et démontrent que les lois générales sont les mêmes en physiologie et en pathologie du système nerveux.

MÉDECINE VÉTÉRINAIRE. — *La vaccination des bovidés contre la peste bovine.* Note de MM. E. **Nicolas** et **P. Rinjard**, présentée par M. Roux.

Dans les pays où la peste bovine règne à l'état enzootique (Europe orientale, Asie, Afrique), on vaccine les bovidés contre cette redoutable maladie par la méthode, devenue classique, de Kolle et Turner. Cette méthode consiste à inoculer, dans la même séance et en deux endroits différents, une petite quantité de sang virulent ($0^{cm^3},2$ à 1^{cm^3} ou plus), prélevé sur un animal pestique en pleine hyperthermie, et du sérum antipestique en proportion variable suivant l'activité de ce sérum et suivant la taille des animaux à vacciner, mais telle que cette double injection simultanée, véritable séro-infection, soit suivie d'une « bonne » réaction. Nous comprenons sous ce nom, avec d'autres, du reste, une réaction, qui après une courte période d'incubation, ordinairement 3 à 5 jours, s'exprime uniquement par une hyperthermie pouvant atteindre 41°, compatible avec un bon état et souvent accompagnée d'un peu de larmoiement, mais sans lésions des muqueuses. Après une telle réaction, les animaux sont immunisés activement et de façon durable, comme s'ils avaient résisté à la maladie.

Cette méthode, qui, bien conduite, donne d'excellents résultats avec une mortalité infime, comporte, cependant, un inconvénient grave, celui de provoquer chez l'animal inoculé, une réaction avec l'apparition d'une peste, qui, quoique atténuée, n'en existe pas moins. Le sujet vacciné peut devenir infectant pour les animaux sains et réceptifs, de sorte que si elle n'est pas réglementée, ladite méthode multiplie les sources de virus et devient un instrument de propagation et de perpétuation de la maladie.

On peut remédier à cet inconvénient en pratiquant la vaccination par zones, mais on peut aussi l'atténuer et peut-être le faire disparaître en aug-

---

(1) L. Lapicque, *Revue générale des Sciences*, 15 février 1910.

(2) G. Bourguignon, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 453.

mentant la quantité de sérum injectée de façon à réaliser une vaccination silencieuse, ainsi que cela semble résulter des faits expérimentaux que nous avons observés au cours de la mission, dont nous avons été chargés, en Belgique, lors de l'épizootie de 1920.

Nous avons constaté à diverses reprises, en effet, qu'en utilisant des doses convenables de sérums, dont la valeur était bien déterminée par rapport à un virus connu, on pouvait arriver à ne pas avoir de symptômes extérieurs décelables à l'examen des sujets. La vaccination se produisait pourtant, ainsi qu'en témoignaient l'innocuité de l'épreuve de contrôle par le virus pur et celle des injections ultérieures de doses massives de sang virulent, pratiquées dans un but d'hyperimmunisation.

Dans de telles conditions, il est permis de penser qu'une vaccination active, silencieuse au point de ne pas provoquer de réaction apparente sur les sujets neufs, ne peut perpétuer aucun foyer dangereux dans la zone où elle est appliquée. Elle devient donc, sous cette forme, la méthode de choix.

Il n'est pas douteux qu'une telle méthode offre de sérieux avantages sur la sérumisation préventive en milieu infecté et surtout menacé. Celle-ci entraîne, en effet, de sérieuses difficultés d'application, dues à la faible durée de la protection (15 jours environ); elle ne met pas à l'abri de l'évolution d'une peste atténuée et, lorsque l'infection est réalisée après ce délai, de ces cas subaigus où l'on observe les lésions habituelles de la peste chez les malades, lesquels résistent plus ou moins longtemps, tout en restant contagieux. Lorsqu'elle est généralisée, l'application du sérum à titre préventif ne peut que contribuer à l'entretien d'un foyer dangereux.

Nous jugeons à propos de faire observer que les moyens de prophylaxie scientifique, dont il vient d'être question, sont inutiles dans un pays où une bonne organisation permet d'appliquer rigoureusement les mesures de police sanitaire. Ces mesures sont suffisantes pour enrayer une épizootie de peste. C'est là un fait, et non des moindres, que la récente épizootie de Belgique a permis d'établir, en même temps qu'elle a été l'occasion de montrer combien le « typhus » était loin de revêtir le caractère de « haute » contagiosité à distance (contagion médiate) qu'on avait coutume de lui attribuer.

La séance est levée à 17 heures trois quarts.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de novembre 1921.

Flore générale de l'Indo-Chine, publiée sous la direction de H. Lecomte. Tome II, fasc. 8 : *Œnothéracées*, *Samydacées*, *Homaliacées*, *Passifloracées*, *Cucurbitacées*, *Bégonaciées*, *Datiscacées et Ficoïdes*, par F. Gagnepain. Paris, Masson, 1921; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. Mangin.)

Traité de Nomographie, par Maurice d'Ocagne. Paris, Gauthier-Villars, 1921; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. P. Appell.)

Éléments d'analyse mathématique, par Paul Appell, 4e édition. Paris, Gauthier-Villars, 1921; 1 vol. 25cm.

Nutrition de la plante. Formation des substances ternaires, par M. Molliard. Paris. Doin, 1921; 1 vol. 18cm. (Présenté par M. L. Mangin.)

Verhandelingen van Dr P. Zeeman *over Magneto-Optische Verschijnselen*. Leiden, Eduard Ijdo, 1921; 1 vol. 25cm.

Études de Lépidoptérologie comparée, par Charles Oberthür, fasc. 18, 2e Partie. Rennes, Oberthür, 1921; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Suppression expérimentale de l'inimitié entre fourmis, par Mme Marguerite Combes. Extrait du *Bulletin de l'Institut général psychologique*, 1920; 1 fasc. 24cm. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Traité de Physiologie médico-chirurgicale, par Charles Richet et Charles Richet fils. Tomes I et II. Paris, Félix Alcan, 1921; 2 vol. 25cm.

La matière et l'énergie selon la théorie de la relativité et la théorie des quanta, par Louis Rougier. Paris, Gauthier-Villars, 1921; 1 vol. 25cm.

Notice nécrologique sur Gabriel Lippmann, par E. Bouty. Extrait des *Annales de Physique*. Paris, Masson, 1921; 1 fasc. 22cm.

Étude sur la flore et la végétation de la Champagne crayeuse. Tome I : *La végétation de la Champagne crayeuse, étude de géographie botanique*, par J. Laurent. Paris, Orlhac, 1921; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. G. Bonnier.)

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 27 DÉCEMBRE 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

M. **Schwarz**, Correspondant de l'Académie des Sciences pour la Section de Géométrie depuis le 1er juillet 1895, est mort le 30 novembre 1921 à Berlin où il était professeur à l'Université. Il était né le 25 janvier 1843.

M. Schwarz laisse une œuvre mathématique considérable dont il a rassemblé la plus grande partie dans deux Volumes parus il y a une vingtaine d'années. Les savants compétents y remarquent surtout : une théorie des surfaces minima, un élégant Mémoire sur les surfaces développables, des recherches sur l'équation de Laplace, et sur les fonctions hypergéométriques.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les fonctions quasi analytiques de variables réelles.* Note de M. **Émile Borel**.

1. Cauchy a découvert que, contrairement à ce qu'on avait plus ou moins implicitement admis avant lui, une fonction de variables réelles n'est pas déterminée par la connaissance, en un point, des valeurs de toutes ses dérivées (parmi lesquelles nous comprenons, dans tout ce qui va suivre, la fonction elle-même).

En donnant une forme systématique à la théorie du prolongement analytique, Weierstrass a fait connaître un cas très étendu où les fonctions de variables réelles sont déterminées par la connaissance de leurs dérivées en un point; c'est le cas où les valeurs de ces dérivées, en tous les points

d'un intervalle (ou d'un carré dans le cas de deux variables, etc.) sont telles que la série de Taylor correspondante ait un rayon de convergence supérieur à un nombre positif déterminé. On a cru pendant longtemps que cette condition de Weierstrass, qui est suffisante pour la détermination univoque, était également nécessaire. Une longue suite de recherches dont l'origine remonte à ma première Note publiée aux *Comptes rendus* (12 février 1894) m'a conduit à la théorie des fonctions monogènes non analytiques qui généralise, dans le plan de la variable complexe, la théorie de Weierstrass et met en évidence le fait que la notion de monogénéité de Cauchy est plus générale que la notion d'analyticité de Weierstrass. Cette théorie se rattache à la théorie de la sommation des séries divergentes, qui a donné lieu à de nombreux travaux, depuis mes premières publications.

Si l'on se borne aux fonctions de variables réelles, les théories que je viens de rappeler conduisent à définir des fonctions quasi analytiques, pour lesquelles la série de Taylor diverge en tout point et qui sont cependant entièrement déterminées par cette série de Taylor, c'est-à-dire par la connaissance de leurs dérivées en un point. Mais une lacune subsistait, rendant difficile l'extension à ces fonctions quasi analytiques de certaines propriétés des fonctions analytiques : les conditions pour qu'une fonction donnée de variable réelle fût quasi analytique s'exprimaient par la condition de la convergence de certaines séries, que j'appelais séries (M), mais ne se ramenaient pas à des inégalités simples relatives seulement aux dérivées successives de la fonction. Cette lacune vient d'être comblée par M. Denjoy dans la Note profonde qu'il a communiquée la semaine dernière [1].

Grâce aux résultats établis dans cette Note, les méthodes de la théorie des séries divergentes et de la théorie des fonctions monogènes non analytiques conduisent à des conséquences importantes, dont je voudrais résumer rapidement les plus immédiates.

2. Une fonction de deux variables réelles $f(x, y)$ sera dite, dans un domaine A, *quasi analytique* de première catégorie [2], ou, plus brièvement, *quasi analytique*, si, pour tout point du domaine A, on a

$$(1) \qquad \frac{\partial^{m+n-4} f(x, y)}{\partial x^{m-2}\, \partial y^{n-2}} < \mathrm{H}^{m+n} (m \log m)^m (n \log n)^n,$$

[1] *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1329.

[2] Les fonctions analytiques peuvent être regardées comme des fonctions quasi analytiques de catégorie zéro; les fonctions quasi analytiques de seconde catégorie s'obtiendraient en remplaçant $\log m$ par le produit $\log m \log \log m$, ...

H étant une constante indépendante du point choisi et des entiers m et n, lesquels peuvent être quelconques, supérieurs toutefois à l'unité. Cette définition s'applique sans modification sensible aux fonctions d'une variable et aux fonctions de plus de deux variables.

L'application de la méthode des fonctions majorantes permet de montrer que :

Une fonction quasi analytique de x et de y, dans laquelle on remplace x et y par des fonctions quasi analytiques de u et de v, devient une fonction analytique de u et de v.

Une équation différentielle de la forme

$$\frac{dy}{dx} = f(x, y),$$

dans laquelle f est une fonction quasi analytique, admet une intégrale quasi analytique.

Des équations quasi analytiques définissent, sous les conditions bien connues relatives aux déterminants fonctionnels, des fonctions implicites quasi analytiques.

3. Je ne développerai pas le détail des démonstrations, qui ne présentent aucune difficulté, à condition d'utiliser la remarque suivante : dans toutes les démonstrations basées sur la méthode des fonctions majorantes, le calcul de la limite supérieure des dérivées inconnues jusqu'à un certain ordre n, ne fait intervenir les dérivées des fonctions données (et par suite les dérivées des fonctions majorantes) que jusqu'au même ordre n. Or, *si l'on se borne momentanément aux dérivées d'ordre total inférieur à n*, une fonction quasi analytique, d'après l'inégalité (1), admet comme fonction majorante les fonctions classiques

$$(2) \qquad \frac{1}{\left(1-\frac{x}{r}\right)\left(1-\frac{y}{r}\right)} \quad \text{et} \quad \frac{1}{1-\frac{x+y}{r}}$$

à condition de prendre

$$(3) \qquad r = \frac{1}{H' \log n}.$$

En donnant à n une valeur déterminée et à r la valeur qui s'en déduit par la formule (3), on obtient des limites supérieures des dérivées des fonctions inconnues jusqu'à l'ordre n inclusivement; il est ensuite possible de donner à n une valeur quelconque et l'on constate que les limites supérieures obte-

nues vérifient des inégalités telles que (1), ce qui démontre les propositions énoncées.

4. Pour que l'analogie avec la théorie des fonctions analytiques fût complète, il resterait à faire voir que si les inégalités (1) sont vérifiées en un seul point (et non plus, comme nous l'avons admis jusqu'ici, dans un domaine) et si, de plus, une certaine série du type (M) est convergente dans un domaine entourant ce point, il en résulte que des inégalités du type (1) sont également vérifiées dans ce domaine. Remarquons cependant que la convergence des séries (M) est un critérium moins simple et moins aisé à vérifier que l'existence des inégalités (1) dans un domaine.

En fait, les méthodes qui permettent de former des fonctions monogènes non analytiques permettent également de former des fonctions quasi analytiques de deux ou plusieurs variables réelles et, par suite, de constater que la théorie, dont nous venons d'esquisser les lignes principales, n'est pas une théorie vide de contenu.

5. Parmi les types de fonctions quasi analytiques de deux variables x, y, il en est que j'ai déjà signalés depuis longtemps et qui paraissent devoir s'introduire naturellement dans les théories physiques; ce sont les potentiels relatifs à des masses continues ou discontinues, aussi voisines que l'on veut du plan des xy, la densité tendant toutefois très rapidement vers zéro, lorsqu'on s'approche de ce plan. Pour préciser, on peut poser

$$f(x, y) = \sum \frac{A_{m,n,p}}{\sqrt{(x-x_m)^2+(y-y_n)^2+(z-z_p)^2}}$$

ou

$$f(x, y) = \int\int\int \frac{\varphi(\alpha, \beta, \gamma)\, d\alpha\, d\beta\, d\gamma}{\sqrt{(x-\alpha)^2+(y-\beta)^2+(z-\gamma)^2}}$$

sous la condition que $A_{m,n,p}$ et $\varphi(\alpha, \beta, \gamma)$ tendent très rapidement vers zéro lorsque z_p ou γ tendent vers zéro.

GÉOLOGIE. — *Sur un problème de la tectonique des chaînes subalpines dauphinoises.* Note [1] de M. **W. Kilian.**

La structure des chaînes alpines et subalpines présente au sud et au sud-ouest de Grenoble un certain nombre de *dispositions anormales* qu'il est difficile de faire cadrer avec la conception, peut-être trop simple, que l'on

[1] Séance du 19 décembre 1921.

se fait actuellement de la structure de cette région qu'une nouvelle et intéressante interprétation de la tectonique de la chaîne du Moucherotte par M. P. Corbin [1] vient d'ailleurs de remettre en question.

1. Il convient d'abord d'attirer l'attention sur une série de bandes triasiques (avec spilites) qui se montrent au milieu du Lias sur le flanc oriental de la Montagne du Connexe; on peut se demander si ces bandes (ainsi d'ailleurs que le Trias du Senépy) que j'ai interprétées, avec M. P. Lory, comme des anticlinaux localement déversés vers l'intérieur des Alpes, c'est-à-dire vers l'Est et « *enracinés* » à l'Ouest, ne seraient pas des « têtes d'anticlinaux » plongeant vers l'Ouest et dont les racines seraient à rechercher à l'est du lac de Laffrey. Il faudrait admettre dans ce cas que ces bandes sont indépendantes des anticlinaux triasiques voisins des Combes de Champ, qui *semblent* cependant autochtones et « enracinés », ainsi que du Houiller de la Motte d'Aveillans reposant sur les schistes cristallins et sur lequel elles auraient été refoulées.

2. L'anticlinal (pli-faille) de Comboire, avec son noyau séquanien, est-il bien enraciné à l'Ouest ou n'est-il que le noyau jurassique « plongeant » à l'Ouest, *d'un pli venant du Sud-Est*, poussé vers l'Ouest et en partie détruit par l'érosion? Il est difficile de le dire par le seul examen du noyau jurassique faillé et coupé obliquement par l'érosion.

3. Une série d'accidents, décrits par M. P. Lory et faisant réapparaître *deux barres de Jurassique supérieur* et même une bande valanginienne, se font remarquer sur le bord subalpin au sud de Grenoble (Varces, Prélenfrey, Gresse, etc.) témoignant ainsi de la présence d'*étirements* notables [2] et de contacts anormaux sur le bord subalpin du Vercors.

4. Le regretté Jean Breton a décrit en 1913 au Plateau Saint-Ange et au Peuil de Claix des dispositions particulières (présence de deux bandes urgoniennes, refoulement des marnes valanginiennes sur des couches plus récentes apparaissant dans une « fenêtre ») qu'il a attribuées à des plis refoulés de l'*Ouest vers l'Est;* le flanc Est du Moucherotte montre d'autre part une épaisseur anormale de calcaires roux valanginiens. Ces accidents ne seraient-ils pas de simples replis et étirements dans une grande charnière frontale complexe *couchée vers l'Ouest* et « éventrée par l'érosion [3] ».

---

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1095.

(2) Malgré quelques cassures transversales, par exemple entre Varces, Uriol et Vif.

(3) L'Urgonien existe au fond d'un ravin à l'ouest de Seyssinet (W. Kilian et F. Blanchet).

5. Enfin, tout près de Grenoble, l'accident Beauregard-Tour-sans-Venin-Trois-Pucelles montre les calcaires et marnes valanginiens en contact avec les calcaires campaniens à silex (puis, localement avec le Gault et l'Urgonien). Ce contact, bien que jalonné par un « *retroussement* » très net de sa lèvre nord, ne suffit pas à exclure à mon avis la *possibilité* d'un plongement des assises sénoniennes *sous le massif des Pucelles*, ce dernier étant, DANS CETTE HYPOTHÈSE, pour ainsi dire *refoulé sur la continuation méridionale de l'anticlinal* (pli-faille) de *Sassenage et sur les conglomérats* burdigaliens qui revêtent ce dernier à Saint-Nizier.

6. Ajoutons que plus au Nord-Est, ainsi que l'ont remarqué jadis MM. Haug et Lugeon, les plis des Beauges ont leurs axes coupés obliquement par l'érosion du « bord subalpin » et que seuls les plus occidentaux d'entre eux se continuent directement par les plis du Massif de la Grande-Chartreuse.

Les coupes publiées par M. Lugeon (coupes de l'Orizan au sud-est de l'Arcalod, du Grand Roc à Clermont et de la pointe de Chamosseran) montrent d'ailleurs nettement sur ce « bord subalpin » une série d'accidents témoignant d'un *déversement vers l'Ouest* de la couverture sédimentaire de la chaîne de Belledonne et qui peuvent se concilier parfaitement au sud de Grenoble avec des chevauchements vers l'extérieur encore plus accentués où les têtes d'anticlinaux étirés *plongeraient* localement vers l'extérieur de la chaîne, donnant ainsi l'impression trompeuse de « *plis hésitants* » (P. Termier).

On est donc en droit de se demander, en présence de cette série de dispositions tectoniques, si elles ne proviennent pas de l'existence d'une série d'écailles (ou *nappes*) postburdigaliennes *plongeantes* (écailles à *racines externes*), issues de la couverture, aujourd'hui disparue, de la chaîne de Belledonne et s'atténuant progressivement dans le Vercors méridional; l'empilement de ces écailles (ou replis), refoulées vers l'Ouest et plissées avec leur enveloppe burdigalienne, formerait alors une grande partie de la zone subalpine (Néron, Grand Soin, etc. A la latitude du Col du Rousset, elles s'atténueraient enfin et ne se traduiraient plus que par de simples ondulations de l'Urgonien.

La vérification et la discussion complètes, détaillées et minutieuses de cette hypothèse qui me paraît dès à présent possible, malgré certaines objections importantes [solidarité apparente des anticlinaux paraissant *autochtones* du Trias (avec spilite) de Champ avec les plis du Connexe et

les schistes cristallins de Vizille, identité de faciès de *la plupart* (¹) des terrains dans les masses refoulées et les portions autochtones, etc.], constituent un programme d'une ampleur attrayante, une nouvelle *étape* de nos connaissances proposée aux jeunes géologues dans les Alpes françaises (²).

La simplicité de structure des « chaînes subalpines » dans les montagnes de Lans, de la Grande-Chartreuse et des Beauges ne serait donc, si l'on adoptait cette manière de voir, qu'une apparence; leur portion orientale serait formée par ces « écailles » elles-mêmes reployées, et les chaînons situés à l'est du synclinal mollassique de Voreppe *seraient seuls complètement autochtones*. C'est d'ailleurs seulement dans ces chaînons occidentaux que se montrent les faciès néritiques les plus voisins du type jurassien. (L'Échaillon, Les Écouges, Coublevie, etc.)

L'étude de détail de l'allure des couches miocènes entre le Villard-de-Lans et Saint-Nizier, l'analyse minutieuse et l'*examen sur place* des plis-

---

(¹) La démonstration définitive de cette hypothèse jetterait aussi un jour nouveau sur l'interprétation du bassin houiller de la Motte d'Aveillans-Peychagnard-La Mure. Ce dernier, en effet, serait à considérer comme une sorte de *fenêtre* ou de boutonnière ouverte par l'érosion dans les plis couchés et à têtes plongeant vers l'ouest de la chaîne Connexe-Senépy-Oriol, dont les racines seraient à l'est des lacs de Laffrey et de Pierre-Châtel. Cette conception expliquerait aussi la *localisation d'un faciès particulier* à Entroques du Lias (*Calcaire de Laffrey* de P. Lory) *dans la région autochtone ou subautochtone* qui constitue la fenêtre, alors que dans le Connexe et le Senépy règne un type plus vaseux et plus géosynclinal; ce Calcaire de Laffrey se continue d'ailleurs dans le bombement anticlinal (Anticlinal des Ponts de P. Lory) de Ponsonnas; elle peut rendre compte aussi de la présence des brèches et conglomérats houillers au Bariou près La Motte d'Aveillans, lequel représenterait un bombement de micaschistes autochtones au milieu de la *fenêtre* d'érosion.

Il conviendrait aussi, dans cette hypothèse, d'examiner la continuation éventuelle de ces accidents vers le massif du Dévoluy, bien que les études minutieuses de M. P. Lory n'aient rien signalé qui soit de nature à la confirmer.

(²) Les *torsions* et cassures si curieuses de la Montagne de la Bastille près Grenoble (W. Kilian) dont un plan au $\frac{1}{1000}$, gracieusement mis à notre disposition par M. Paul Corbin, permet l'analyse détaillée qu'ont entreprise deux de mes élèves, MM. F. Blanchet et Chagny, ainsi que l'existence de l'Urgonien *sous* le Valanginien à l'ouest de Seyssinet et la structure différente des deux rives de l'Isère entre Grenoble et Saint-Égrève, paraissent se relier également à la déformation de ce système de plis empilés « à racines externes » (Lugeon) [digitations périphériques du noyau cristallin, refoulé vers le nord-ouest et l'ouest, de la chaîne de Belledonne]. Cette interprétation pourrait d'ailleurs également expliquer le refoulement du Néron vers le Nord-Ouest et le « décalage » des assises jurassiques supérieures du chaînon Rochefort-Pont-de-Claix par rapport à celles de Comboire et de la Bastille.

failles et lignes de contact anormal de la région du Vercors et du Royans pourront seuls nous fixer définitivement à cet égard.

Cette interprétation des faits, qui entraînerait également d'importantes modifications de nos conceptions relatives à la région houillère de la Mure, à la chaîne du Senépy et à ses alentours, serait d'ailleurs conforme à ce que l'on observe dans la partie frontale des chaînes extérieures des Alpes suisses qui sont *refoulées sur la Mollasse préalpine* et montrent des accidents de tous points comparables à ceux dont je viens de parler. En Dauphiné cependant, le plissement aurait englobé une région occupée par la Mollasse miocène alors que plus à l'Est il aurait à peine empiété sur le domaine baigné par la mer burdigalo-helvétienne. Cette hypothèse confirmerait donc l'unité de structure du système alpin et expliquerait l'obliquité des plis des Beauges sur le bord subalpin par une simple dénudation de leur continuation méridionale et de ses racines qui se confondraient avec les restes du « manteau » liasique marginal plissé de la chaîne de Belledonne. (Zone Vif-Jarrie-Uriage-Lancey-Goncelin-Pontcharra.)

MÉTROLOGIE. — *Déterminations fondamentales et vérifications récentes des mètres étalons.* Note de M. **Ch.-Éd. Guillaume.**

Déterminations fondamentales. — Le Mètre prototype international et ses copies, les prototypes nationaux, sont constitués, comme on sait, par des barres en platine iridié à 10 pour 100, de section en X, portant, dans le plan des fibres neutres, les traits limitatifs, pratiqués sur des plages polies spéculairement. Un mètre provisoire, pourvu de surfaces mates, le Mètre I_2, comparé directement au Mètre des Archives, a servi à transporter la longueur de ce dernier sur les nouveaux étalons.

Après que tous les mètres formant la série principale des prototypes nationaux eurent été comparés à I_2 et aussi entre eux, en des groupes systématiquement constitués et fortement associés, le calcul de compensation des résultats individuels fit ressortir l'identité, dans les limites de la précision des mesures, des longueurs représentées, à 0°, par le Mètre des Archives et le Mètre n° 6. La Première Conférence générale des Poids et Mesures, réunie en 1889, décida que ce dernier deviendrait le Prototype international; on le désigna dès lors par $\mathfrak{M}$. La Conférence répartit ensuite, entre les États adhérents à la Convention du Mètre, les prototypes nationaux, et attribua, au Bureau international, les n°s 13 et 26. Le Mètre $\mathfrak{M}$

fut aussitôt enfermé dans le caveau des prototypes, avec I_2 et 13, qui furent déclarés ses témoins.

L'étude des prototypes avait comporté la détermination de leur dilatabilité, à laquelle nous avions procédé, M. Benoît et moi, en deux étapes; nous avions d'abord choisi un *étalon de dilatation*, et le hasard avait voulu que ce choix tombât sur le Mètre n° 6, dont le tracé était particulièrement bon. Nous avions déterminé sa dilatabilité par la méthode absolue, en exécutant, chacun, quarante séries de mesures au comparateur; puis nous lui avions comparé chacun des étalons nationaux, à huit températures comprises entre 0° et 38°. Simultanément, M. Benoît mesurait, à l'aide de l'appareil Fizeau, la dilatabilité de deux échantillons de 15^{mm} prélevés sur les extrémités du Mètre n° 6, ainsi que d'un certain nombre d'autres échantillons pris sur des règles de la série principale.

La méthode Fizeau avait conduit à attribuer au Mètre n° 6 une dilatabilité un peu supérieure à celle qu'avait donnée le comparateur; la précision semblant être de même ordre dans les deux cas, on adopta l'équation moyenne.

Pour les étalons nationaux, nous avions trouvé des dilatabilités différant très peu, en plus ou en moins, de celle du Mètre n° 6; une partie des écarts étaient certainement inclus dans les limites des erreurs d'observation, mais les plus grands d'entre eux paraissaient dépasser ces dernières, et nous avions admis la réalité de toutes les différences résultant de nos mesures.

Peu après la Première Conférence, un étalon semblable, comme construction, aux prototypes nationaux, mais issu d'une autre coulée d'alliage, et possédant, en conséquence, une composition très légèrement différente, fut achevé, et enregistré sous le nom de Règle type III (T_3); il fut, pour sa détermination, associé, en 1892, à un nouveau groupe d'étalons qui furent tous comparés à $\mathfrak{M}$; on saisit cette occasion pour faire une nouvelle détermination, très soignée, de la règle n° 26. Depuis cette époque, les règles n° 26 et T_3, désignées comme *règles d'usage* ont servi, ensemble et séparément, à toutes les comparaisons importantes effectuées au Bureau international. Les déterminations auxquelles elles ont pris part simultanément, ainsi que des comparaisons spécialement instituées entre elles, ont donné, chaque fois, une valeur de leur équation relative qui, avec un haut degré d'approximation, a toujours été trouvée la même, ce qui nous autorisait à admettre la conservation parfaite de leurs valeurs absolues.

Déterminations récentes. — La Cinquième Conférence générale, réunie en 1913, décida de faire procéder à la première des comparaisons périodi-

ques prévues par la Convention du Mètre. Quatre des mètres nationaux furent apportés au Bureau au début de l'été 1914; mais les comparaisons ne purent être entreprises qu'en 1919, d'abord en un groupe comprenant, avec les quatre étalons nationaux, les deux étalons d'usage du Bureau, puis en un groupe accru de trois nouveaux étalons.

Ces comparaisons conduisirent à une constatation bien inattendue; entre les étalons du Bureau et les étalons nationaux, une divergence systématique se manifestait, les derniers semblant, en moyenne, s'être raccourcis par rapport aux premiers.

Ayant pris connaissance de ces résultats, dans sa session de 1920, le Comité international des Poids et Mesures décida de mettre à la disposition du Bureau, d'abord les deux témoins du Prototype international, puis le Prototype lui-même. Les comparaisons, faites en des groupes très complets de mesures indépendantes, par M. Pérard, M. Maudet et moi, ont conduit aux résultats moyens suivants :

Étalons	I_2.	n° 13.	n° 26.	T_3.
Différences 1920-1889, 1892..	$+0^{\mu},15$	$-0^{\mu},03$	$+0^{\mu},38$	$+0^{\mu},36$
Moyennes	$+0^{\mu},06$		$+0^{\mu},37$	

Dans l'appréciation de ces résultats, il convient de se souvenir que la règle I_2, tracée sur poli mat, ne donne pas une sécurité aussi grande que les autres étalons, tracés sur poli spéculaire; et une divergence de $0^{\mu},15$ entre des équations relatives obtenues à plus de 30 ans de distance, par des observateurs différents, et à l'aide d'appareils dont quelques éléments avaient été modifiés dans l'intervalle, ne saurait signifier un changement réel des longueurs relatives des étalons.

La comparaison des résultats obtenus en 1889 et 1920 ne permet donc pas d'autre conclusion que celle-ci : les équations relatives du Prototype $\mathfrak{M}$ et de ses témoins sont restées identiques; au contraire, les règles 26 et T_3 ont subi un allongement indiscutable (1).

L'étude des dilatabilités a été reprise après que des comparaisons très précises, que j'ai exécutées en 1920, dans un intervalle de température

(1) Le Bureau possédait, depuis l'année 1876, les deux règles type I et type II, tracées sur poli mat par les frères Brunner. Sur la proposition de M. Benoît, le Comité international décida, en 1909, de les munir de tracés plus parfaits, puis de joindre l'un d'eux aux témoins du Prototype, et de destiner l'autre au contrôle des étalons d'usage du Bureau. Ces deux règles, retracées par M. Benoît, ont été comparées, en 1920 et 1921, au Prototype international, et peuvent, dès à présent, remplir leur destination.

étendu, eurent fait concevoir quelques doutes sur l'exactitude des déterminations primitives. Nous entreprîmes alors, M. Maudet, M. Volet et moi, des comparaisons systématiques, à des températures comprises entre 0° et 38°, des étalons nos 12 et 29, auxquels on avait attribué autrefois des dilatabilités se trouvant très près des limites inférieure et supérieure des valeurs assignées aux étalons nationaux.

Les nouvelles déterminations nous ont conduits à cette conclusion que, dans les limites de précision de nos mesures, beaucoup plus sûres que les anciennes, les dilatabilités de ces deux règles sont identiques. Un résultat analogue a été mis au jour dans l'étude, que M. Pérard a faite, au moyen de l'appareil Fizeau, d'échantillons prélevés sur les extrémités de plusieurs des règles de la série principale, choisies parmi les plus divergentes.

Les études se poursuivent, tant au comparateur qu'à l'appareil Fizeau ; mais nous pouvons déjà indiquer comme très probable le fait que, pour les étalons appartenant à la série principale, les écarts des dilatabilités échappent aux mesures actuelles. Il existe, au contraire, d'une série à l'autre, des écarts certains.

D'un autre côté, M. Benoît avait déterminé, en 1882, la *constante* du trépied de l'appareil Fizeau, en produisant, sur un intervalle de 10^{mm} (différence de marche 20^{mm}), au moyen de la lumière de la soude, des franges qui se trouvaient à l'extrême limite de la visibilité. En 1913, il reprit la même détermination, sur un intervalle de 15^{mm}, en utilisant deux des raies de l'arc au mercure, dans des conditions de visibilité excellentes. La constante déduite de ces mesures est sensiblement inférieure à la première ; et une nouvelle étude des échantillons du Mètre n° 6, faite par M. Pérard, ayant superposé à cette différence un écart de même sens, la dilatabilité qui en résulte fait concorder à très peu près les résultats des mesures à l'appareil Fizeau avec ceux qui avaient été obtenus au comparateur. Les déterminations faites dans les années 1919 à 1921 conduisent ainsi à un ensemble de données dont l'aspect général est beaucoup plus satisfaisant que pour les mesures anciennes.

Cause possible du changement manifesté par les étalons d'usage du Bureau international. — La cause des changements observés dans la longueur des étalons d'usage du Bureau est assez mystérieuse. Un saut brusque, dû à un accident inaperçu est, par avance, extrêmement peu probable, et l'on considérera comme sortant du domaine des possibilités une action ayant modifié subitement, à la même époque, d'une quantité notable et égale, les valeurs de ces deux étalons. On devra bien plutôt chercher la cause du changement

constaté dans une action lente, qui s'est exercée sur chacun d'eux à peu près dans la même mesure.

Il n'est pas, sans doute, d'étalons de premier ordre qui aient servi à beaucoup près autant que ceux du Bureau international. Malgré les soins avec lesquels ils ont été toujours manipulés, ils ont subi, chaque fois qu'ils ont été posés sur les rouleaux qui les supportent dans le comparateur, de très faibles chocs, qui auraient pu produire un léger matage des surfaces de contact, d'où serait résulté un changement de la longueur des barres.

Une autre hypothèse me paraît cependant plus vraisemblable : après un certain temps d'immersion dans l'eau, les plages portant les traits apparaissent, au microscope, légèrement ternies, et nécessitent un nettoyage. Le plus souvent, celui-ci est effectué au moyen d'un pinceau très doux; en cas de nécessité, on fait couler, sur les surfaces tracées, un peu d'eau faiblement additionnée d'acide chlorhydrique; puis, après les avoir lavées à l'eau distillée, on les essuie avec une peau de chamois soigneusement débarrassée de ses poussières. Or il existe, chez tous les opérateurs, une tendance naturelle à effectuer de préférence des mouvements dirigés vers l'extrémité de la règle, et, ainsi, les bords des traits peuvent subir une usure ou un entraînement qui, dans le cours des années, est susceptible d'atteindre des grandeurs mesurables. L'excellente conservation des surfaces polies témoigne, par ailleurs, du soin avec lequel les nettoyages ont toujours été exécutés.

Conséquences des récentes recherches. — L'allongement incontestable subi par les étalons d'usage du Bureau a faussé peu à peu les valeurs numériques des longueurs qui en étaient déduites, et qui se sont trouvées exprimées par des nombres trop faibles. Mais, d'un autre côté, le Mètre étant défini par le Prototype à 0°, il faut, à toute température plus élevée, ajouter à sa valeur de définition le produit de l'écart de température par sa dilatabilité moyenne dans l'intervalle considéré. Or, nous venons de voir que les mesures des trois dernières années ont révélé une faible erreur positive dans les dilatabilités déduites des déterminations fondamentales; et pour les étalons d'usage du Bureau, les deux causes d'erreur, agissant en sens contraire, doivent s'annuler l'une par l'autre pour certaines époques et pour certaines températures.

La recherche de tous les éléments permettant de corriger les opérations effectuées depuis l'année 1892, nécessitera un travail long et minutieux. Pour l'époque actuelle, la compensation des erreurs semble s'effectuer non loin de 15°.

L'une des plus importantes parmi les déterminations dont le calcul devra être repris est bien certainement celle des longueurs d'onde lumineuses, exécutée par MM. Benoît, Fabry et Perot en 1906, au voisinage immédiat de 15°; il est dès maintenant peu probable que la correction nécessaire excède le dix-millionième.

M. **Paul Marchal** présente le Tome 7 des *Annales des Epiphyties*.

Ce Volume, qui est illustré de nombreuses figures et renferme 33 planches hors texte, comprend une série de Mémoires originaux sur les ennemis des cultures et le compte rendu des travaux effectués dans les laboratoires de recherches des Epiphyties (Direction des Services scientifiques du Ministère de l'Agriculture) pendant les années 1919 et 1920. Pour en rendre l'accès plus facile, les Mémoires originaux ont été édités séparément sous forme de fascicules.

Dans une étude fondamentale pour la connaissance des Champignons parasites, M. G. Arnaud a donné le résultat de ses recherches sur la biologie et la systématique des Erysiphées dont le représentant le plus connu est l'Oïdium de la Vigne.

M. P. Vayssière a présenté un exposé détaillé de la campagne qu'il a dirigée en 1920 pour combattre la grande invasion de Criquets marocains qui menaçait le département des Bouches-du-Rhône; les méthodes nouvelles pour notre pays qu'il a préconisées et appliquées ont permis d'enrayer complètement l'invasion de 1921 qui s'annonçait plus redoutable encore que celle de 1920.

L'apparition de la redoutable Fourmi d'Argentine dans le midi de la France a nécessité une étude documentée sur cette question. On la doit à M. L. Chopard, qui apporte une contribution nouvelle à la connaissance morphologique et biologique de cet insecte et nous fait connaître sur quelles bases il a lui même organisé la lutte dans la région envahie.

Les maladies de la Pomme de terre qui sont au premier plan des préoccupations actuelles de la Phytopathologie, notamment en raison des causes diverses de dégénérescence, ont été l'objet d'une série d'études qui ont été suscitées par M. Foëx et auxquelles il a apporté lui-même une importante contribution.

Outre divers travaux techniques, le Tome 7 des *Annales des Epiphyties* contient encore des Mémoires de MM. Paillot et Feytaud sur les nouveaux traitements des arbres fruitiers; une étude de M. P. Vayssière sur les

insectes nuisibles au Maroc; des observations biologiques sur la Mouche des olives et des parasites dans la région de Menton, par MM. Poutiers et Turinetti.

M. Ed. Imbeaux, Correspondant de l'Académie, par l'organe de M. *E. Roux*, fait hommage à l'Académie de son Ouvrage intitulé : *Application de la Biologie à l'Art de l'ingénieur. Hygiène des villes, des armées et des chantiers de travaux. Travail dans l'air comprimé, raréfié, trop chaud, trop humide* (milieux irrespirables). Leçons professées à l'École des Ponts et Chaussées.

CORRESPONDANCE.

Le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts adresse ampliation du Décret en date du 24 décembre 1921, qui autorise l'Académie des Sciences à accepter la donation qui lui a été consentie par M. *Gaston-Christian-Joseph La Caille* et Mme *Piette*, veuve de M. *Henri Fischer*.

M. Pieter Zeeman, élu Correspondant pour la Section de Physique générale, adresse des remercîments à l'Académie.

M. A. Fowler, secrétaire général de l'*Union astronomique internationale*, adresse à l'Académie le programme des travaux de l'Assemblée générale que cette Union tiendra à Rome au mois d'avril 1922.

M. Paul Janet adresse un Rapport sur les travaux entrepris au *Laboratoire central d'Électricité* à l'aide de la subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1920.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° H. Béghin. *Statique et Dynamique*. Deux volumes. (Présenté par M. Émile Borel.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination des intégrales des équations aux dérivées partielles d'ordre 2 p à m variables admettant une famille multiple de caractéristiques d'ordre p.* Note de M. **Maurice Gevrey.**

La présente Note fait suite à celle que nous avons publiée récemment sur les équations linéaires à deux variables : pour celles-ci les termes d'ordre $2p$ peuvent toujours être ramenés à la forme $\Delta^p u$ [1]. La méthode que nous avons donnée est basée sur cette transformation et sur l'emploi des variables complexes; nous nous proposons ici de donner un autre procédé, toujours fondé sur les mêmes principes, mais applicable aux équations à m variables.

I. Étudions d'abord l'équation

$$(1) \qquad \underset{m}{\Delta^p} u + \sum b_{k_1 \ldots k_m} \frac{\partial^{k_1+\ldots+k_m} u}{\partial x_1^{k_1} \ldots \partial x_m^{k_m}} + f = 0 \qquad (k_1 + \ldots + k_m < 2p),$$

où les coefficients b et f sont fonctions de $x_1, \ldots, x_m$ dans une région $\mathcal{R}$, le symbole $\underset{m}{\Delta^p}$ indiquant l'opération $\frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \ldots + \frac{\partial^2}{\partial x_m^2}$ répétée p fois. La *solution fondamentale* de l'équation $\underset{m}{\Delta^p} u = 0$ est

$$(\alpha) \qquad v = r^{2p-m}, \qquad \text{si } 2p - m \text{ est impair ou } < 0,$$
$$(\beta) \qquad v = r^{2p-m} \mathcal{L} r, \qquad \text{si } 2p - m \text{ est pair et } \geqq 0,$$

r étant la distance des points $P(x_1, \ldots, x_m)$ et $\Pi(\xi_1, \ldots, \xi_m)$. Formons la *fonction de Green* $\mathcal{G}(\Pi, P)$, solution de l'adjointe de (1) relativement à Π et s'annulant, ainsi que ses $p-1$ premières dérivées normales, quand Π vient sur la frontière S d'un domaine D intérieur à $\mathcal{R}$. Nous utiliserons pour cela la *fonction auxiliaire*

$$(\alpha) \qquad V(\Pi, P) = r^{2p-m} - r_2^{2p-m}\left[\lambda_0 + \lambda_1 \frac{4d\delta}{r_2^2} + \ldots + \lambda_{p-1}\left(\frac{4d\delta}{r_2^2}\right)^{p-1}\right],$$
$$(\beta) \qquad V(\Pi, P) = r^{2p-m} \mathcal{L} r - r_2^{2p-m}\left[\mu_0 + \mu_1 \frac{4d\delta}{r_2^2} + \ldots + \mu_{p-1}\left(\frac{4d\delta}{r_2^2}\right)^{p-1}\right],$$

où d et δ désignent les plus courtes distances de P et Π à S, r_2^2 est égal à $r^2 + 4d\delta$ et les λ et les μ sont respectivement les p premiers coefficients des développements de

$$(1-z)^{p-\frac{m}{2}} \quad \text{et} \quad (1-z)^{p-\frac{m}{2}} \mathcal{L} r_2 \sqrt{1-z}.$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 762, éq. (1). Dans cette équation, au lieu de + il faut lire =.

La fonction de Green cherchée se mettra alors sous la forme

$$\mathcal{G}(\Pi, P) = V(\Pi, P) + \int_D V(\Pi, M)\varphi(M, P)\,d\omega_M, \tag{2}$$

$d\omega_M$ étant un élément de D et φ étant la solution d'une *équation de Fredholm*

$$\varphi(\Pi, P) + \int_D K(\Pi, M)\varphi(M, P) = \psi(\Pi, P), \tag{3}$$

où le noyau K et le second membre ψ présentent, quand M ou P viennent en Π, un pôle d'ordre $m-1$, ce qui est un cas classique d'équation de seconde espèce. A l'aide de $\mathcal{G}$ on calculera, par application de la formule fondamentale, la solution de (1) prenant des valeurs données sur S ainsi que ses dérivées des $p-1$ premiers ordres.

Remarquons, au sujet de la fonction V, qu'elle ne doit avoir la forme (α) ou (β) *qu'au voisinage de* S, ceci afin d'éviter les discontinuités des dérivées de δ, situées *à distance finie* de S. Bien entendu, S doit vérifier des conditions de régularité : pour $m = 3$ on suppose ses courbures principales finies et dérivables jusqu'à l'ordre $2p-2$. Une discussion est nécessaire pour les points coniques.

2. Passons maintenant au cas général. Posons

$$\underset{m}{\mathfrak{D}} u = \sum a_{ik} \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \, \partial x_k} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots, m),$$

a_{ik} étant fonction de $x_1, \ldots, x_m$ et la forme $\Sigma a_{ik} X_i X_k$ étant définie et positive pour tous les points $(x_1, \ldots, x_m)$ de $\mathfrak{R}$. Soit $\underset{m}{\mathfrak{D}}^p$ le résultat de l'opération $\mathfrak{D}$ répétée p fois, en y considérant les a_{ik} comme constants. Envisageons l'équation

$$\underset{m}{\mathfrak{D}}^p u + \sum b_{k_1 \ldots k_m} \frac{\partial^{k_1+\ldots+k_m} u}{\partial x_1^{k_1} \ldots \partial x_m^{k_m}} + f = 0. \tag{4}$$

Nous prendrons comme *fonction auxiliaire* dans le cas (α)

$$V(\Pi, P) = \mathfrak{S}^{p-\frac{m}{2}} - \mathfrak{S}_2^{p-\frac{m}{2}} \left[\lambda_0 + \lambda_1 \frac{4s\sigma}{\mathfrak{S}_2} + \ldots + \lambda_{p-1} \left(\frac{4s\sigma}{\mathfrak{S}_2} \right)^{p-1} \right], \tag{5}$$

le cas (β) étant analogue. Ici $\mathfrak{S}_2$ est égal à $\mathfrak{S} + 4s\sigma$, $\mathfrak{S}$, s et σ ayant la signification que nous leur avons donnée antérieurement [1]. La fonction de

---

[1] *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 620.

Green, solution de l'adjointe de (4), aura encore la forme (2), V étant cette fois la fonction (5), et φ sera solution d'une équation entièrement analogue à (3). D'où la résolution du même problème aux limites que plus haut.

La méthode peut servir au cas de $m=2$, quand l'équation est donnée sous la forme (4) et qu'on ne veut pas la ramener à la forme (1), ce qui exige au fond la connaissance de deux solutions particulières d'une équation du type (4) proposé. Quant au choix de s et σ et aux conditions imposées aux coefficients, nous en avons déjà parlé [1].

3. On peut aussi remplacer s par la fonction

$$s_1=\sigma+(x_1-\xi_1)\frac{\partial\sigma}{\partial\xi_1}+\ldots+(x_m-\xi_m)\frac{\partial\sigma}{\partial\xi_m},$$

analogue à d_1 de notre Note précédente : on trouve alors

$$\mathfrak{S}_1=\mathfrak{S}+4s_1\sigma=\mathfrak{S}(\Pi_1, P),$$

Π_1 étant un *point image* de Π dont la définition généralise celle que nous avons donnée. L'emploi de $\mathfrak{S}_1$, qui devient $r_1^2=\overline{\Pi_1 P}^2$ dans le cas de l'équation (1), permet la résolution de problèmes aux limites dans lesquels on se donne, sur S, p relations linéaires entre u et ses dérivées des $2p-1$ premiers ordres [2].

Voici un exemple simple relatif à l'équation (1) pour $m=3$, $p=2$: soit un problème (par exemple u et Δu donnés sur S) se résolvant à l'aide d'une fonction $\mathcal{G}$ telle que $\mathcal{G}$ et $\frac{\partial^2\mathcal{G}}{\partial n^2}+\alpha(m)\frac{\partial\mathcal{G}}{\partial n}$ s'annulent quand Π vient en m sur S. La fonction auxiliaire sera $r-r_1+\nu(\Pi)\frac{d_1\delta^2}{r_1}$, ν étant une fonction égale à α sur S, et $\mathcal{G}$ sera donnée par des équations des types (2) et (3). Nous retrouverons d'ailleurs ultérieurement le problème général dans l'étude des équations à caractéristiques distinctes.

4. Quand l'équation n'est pas linéaire par rapport aux termes d'ordre inférieur à $2p$, l'emploi des fonctions $\mathcal{G}$ permet la résolution des problèmes aux limites par la méthode d'approximations successives de M. Picard.

---

(1) *Loc. cit.*

(2) Cf. p. 763. L'exemple donné pour $m=p=2$ concerne le cas où le problème revient à assujettir les dérivées *normales* de $\mathcal{G}$ à vérifier des relations linéaires et homogènes; dans le cas général, on aurait aussi des dérivées *tangentielles*, mais le principe du calcul est identique.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *L'équation de Fredholm et les masses statiques de la première sorte.* Note de M. **Gaston Bertrand**.

1. *Équations du problème.* — D'après Poincaré et avec ses notations, les marées statiques de la première sorte sont déterminées par les deux équations

$$g\zeta + \Pi + CX_2 = k \qquad \text{sur les mers (M)},$$
$$\zeta = 0 \qquad \text{sur les continents},$$

$\zeta(\theta, \psi)$ représente la fonction inconnue, c'est la *dénivellation* produite par la marée. g, C, k sont trois constantes. Π est le potentiel du bourrelet liquide

$$\Pi(\theta, \psi) = -\iint_M \frac{\zeta(\theta', \psi')}{r(\theta, \psi; \theta', \psi')} d\sigma',$$

en désignant par r la distance du point (θ, ψ) à l'élément de surface $d\sigma'$. Enfin

$$X_2 = \frac{3\cos^2\theta - 1}{2}.$$

Si l'on introduit la fonction $\varepsilon(\theta, \psi)$ égale à 1 sur les mers et égale à 0 sur les continents et si l'on pose

$$\varphi = \frac{k - CX_2}{g},$$

on obtient pour déterminer la marée statique l'équation de Fredholm remarquablement simple

$$\zeta(\theta, \psi) = \frac{1}{g}\iint \frac{\varepsilon(\theta, \psi)\,\varepsilon(\theta', \psi')\,\zeta(\theta', \psi')}{r(\theta, \psi; \theta', \psi')} d\sigma' + \varepsilon\varphi(\theta, \psi),$$

l'intégrale sans indice étant étendue à toute la surface de la Terre.

2. *L'équation intégrale en* λ. — Soit l'équation auxiliaire

$$\zeta = \lambda \iint \frac{\varepsilon\varepsilon'\zeta'\,d\sigma'}{r} + \varepsilon\varphi.$$

La solution $\zeta(\lambda)$ est une fonction méromorphe en λ, et puisque le noyau est symétrique *les pôles sont réels, simples et il y en a au moins un*. Pour obtenir plus de précision, il est commode d'envisager $\Pi(\rho, \theta, \psi)$ potentiel du bourrelet liquide en un point quelconque (ρ, θ, ψ). Π est une fonction harmo-

nique à l'intérieur de la Terre, caractérisée par la condition à la surface

$$2\frac{\partial \Pi}{\partial \rho} + \Pi = 4\pi\varepsilon(\lambda\Pi' - \varphi).$$

Ce potentiel est créé par une simple couche dont la densité est peut-être discontinue au bord de la mer. On peut néanmoins lui appliquer les formules de Green et les méthodes rendues classiques par les travaux de M. Picard. On démontre ainsi que *les pôles de* $\zeta(\lambda)$ *sont tous positifs, en nombre infini et que le premier est au moins égal à* $\frac{1}{4\pi}$. Avec les unités employées $g = 23$; il s'ensuit que *l'équation intégrale des marées statiques est toujours résoluble quelle que soit la forme des continents.*

3. *Cas des fonctions sphériques.* — Si les mers recouvraient tout le globe terrestre, l'équation intégrale serait

$$\zeta = \lambda \int\int \frac{\zeta'}{r} d\sigma' + \varphi.$$

Comme il est bien connu, les pôles λ_n de la fonction méromorphe $\zeta(\lambda)$ sont alors donnés par la formule

$$\lambda_n = \frac{2n+1}{4\pi} \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots, +\infty)$$

et les solutions singulières attachées au pôle λ_n sont les $2n+1$ fonctions sphériques d'ordre n.

4. *Influence du bourrelet liquide ; méthode de calcul numérique.* — S'il n'y avait pas de continents, l'influence du bourrelet serait assez faible. En est-il de même dans la réalité ? Tait et Thomson l'ont affirmé. Mais Poincaré en 1896 a reposé la question. La méthode de Fredholm combinée avec celle des approximations successives permettrait d'y répondre. On développerait toutes les fonctions en séries de $\mathfrak{Z}_n$ et la seule difficulté serait d'évaluer les intégrales

$$I_{mn} = \int\int_M \mathfrak{Z}_m \mathfrak{Z}_n \sin\theta \, d\theta \, d\psi,$$

$\mathfrak{Z}_m$ et $\mathfrak{Z}_n$ désignant deux fonctions sphériques quelconques et l'intégrale double étant étendue à la surface des mers.

Ce calcul pourrait se faire à l'aide d'un intégrateur approprié.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur un mode de représentation graphique des filaments de la couche supérieure de la chromosphère solaire.* Note de M. **d'Azambuja**, présentée par M. Deslandres.

On sait que les filaments constituent un des éléments les plus caractéristiques de la couche supérieure de la chromosphère solaire, photographiée avec le spectrohéliographe. Leur importance, du même ordre que celle des taches de la surface, a été reconnue de longue date et de nombreux mémoires ont été consacrés à leur étude.

On s'est attaché, en particulier, à relever leur nombre et leur étendue comparée à l'aire totale de l'hémisphère visible. Ce travail, poursuivi depuis 1911 à Kodaikanal, est fort utile et fournit des renseignements précieux sur l'allure générale du phénomène; mais il ne permet pas de dégager l'individualité des filaments, ni de les suivre dans leur évolution. Cette dernière recherche semble être restée limitée à des filaments particuliers ou à certaines catégories de ces objets.

Il importait de l'étendre à tous les filaments observés et, dans ce but, M. Deslandres et moi-même nous étions proposé, dès 1913 [1], d'en donner une représentation graphique sur des planisphères analogues à ceux employés à Zurich pour les taches et les protubérances et en adoptant la même durée moyenne de 27,3 jours pour la révolution synodique. Nous nous étions contenté alors de superposer, sur le planisphère, les contours successifs de chaque filament aux différents jours d'observation. Mais ce mode de représentation, applicable à une époque de minimum d'activité solaire où les filaments sont rares et fugitifs, ne pouvait convenir, sans perfectionnement, à une époque de maximum, où ils sont nombreux et persistants.

Cette étude, interrompue par la guerre, a été reprise en 1919 et j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie un planisphère sur lequel sont marqués tous les filaments observés sur les spectrohéliogrammes du calcium pendant la rotation n° 881 (*fig.* 1). Les images enchevêtrées de chacun d'eux ont été remplacées par une image unique, dont les différentes régions sont plus ou moins teintées suivant qu'elles ont été plus ou moins persistantes. Les petites flèches correspondent à des mouvements locaux, sans direction moyenne caractérisée. Leurs extrémités sont réunies par des

---

[1] Deslandres et d'Azambuja, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 413.

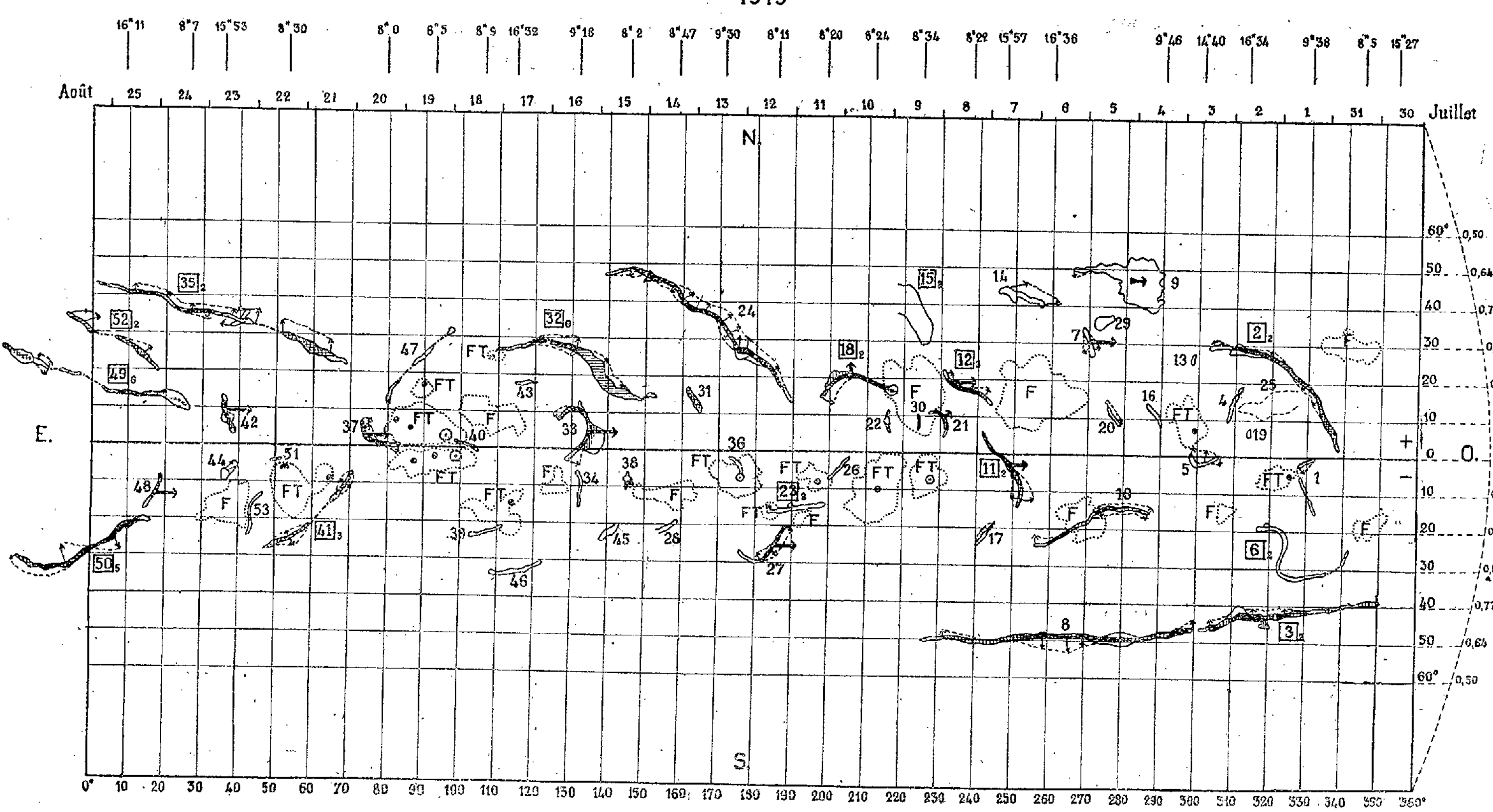


Fig. 1. — Représentation graphique des filaments observés pendant la rotation n° 881 de Greenwich (25 jours d'observation).

La ligne Est-Ouest figure la circonférence équatoriale développée. Les lignes verticales sont les méridiens développés. Dans ce mode de représentation, les lignes horizontales sont agrandies avec la latitude et la réduction à leur faire subir est indiquée par la courbe en traits discontinus, à droite.

A la partie supérieure du planisphère on a marqué les positions journalières à 0^h (T. M. G.), du méridien central de l'hémisphère visible et, au-dessus, les positions de ce même méridien à l'heure de l'observation, qui est indiquée.

Les contours des filaments sont en traits pleins. Les numéros d'ordre encadrés correspondent à des filaments apparus pendant plusieurs rotations consécutives. L'indice fixe le nombre d'apparitions. Les contours des plages faculaires (F, sans tache; FT, avec taches) sont en pointillé. Les taches sont représentées par de petits cercles de diamètres proportionnels à leur importance.

traits discontinus qui indiquent les positions limites atteintes. Les grosses flèches, appliquées au centre de figure du filament, marquent un mouvement de translation générale de celui-ci; leur longueur est égale au déplacement observé pendant la durée totale de visibilité; leur direction est la direction du mouvement.

Ainsi, l'image reste claire et permet de lire à simple vue les variations les plus caractéristiques du filament au cours de son passage sur l'hémisphère visible (*fig.* 2). Les données plus précises, que la représentation graphique ne peut se flatter de reproduire, sont fournies par des tableaux numériques, joints à chaque planisphère.

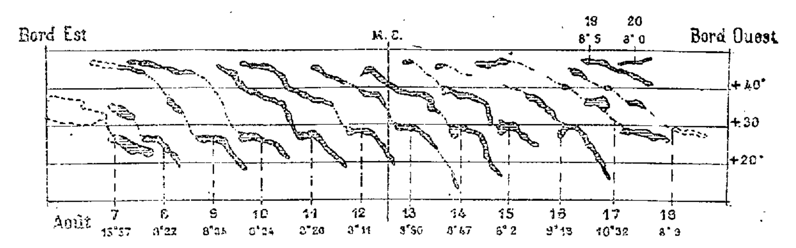


Fig. 2. — Positions successives du filament n° 24 pendant son passage dans l'hémisphère visible. Le méridien central est en MC.

La rotation n° 881 n'appartient pas à l'année du maximum de filaments, qui s'est produit en 1920, avec un retard de trois ans sur le maximum de taches (¹). Mais la rotation la plus chargée de 1920 ne contiendrait pas un nombre de détails notablement plus grand.

Remarquons enfin que, dans la rotation présentée, 20 pour 100 environ des filaments sont animés d'une translation générale, alors que les autres ne présentent pas de mouvements sensibles. Ce fait curieux, nettement mis en évidence par ce genre de relevé, en marque l'intérêt et montre la nécessité de le poursuivre au moins sur une période complète de l'activité des taches.

(¹) Ce fait est à rapprocher de celui que nous avions déjà signalé en 1913, M. Deslandres et moi (voir la Note déjà citée) concernant la décroissance des filaments qui avait suivi celle des taches avec un retard très notable.

THERMODYNAMIQUE. — *La liquéfaction adiabatique des fluides.* Note de M. JEAN VILLEY, présentée par M. J. Violle.

Dans une Note publiée aux *Comptes rendus* (1), M. Bruhat a énoncé deux résultats des calculs, relatifs à la réfraction des adiabatiques qu'il a développés récemment dans une autre publication (2) :

1° La chaleur de vaporisation d'un liquide tend, au zéro absolu, vers une limite L_0, non nulle; 2° quel que soit l'état initial, une détente adiabatique suffisamment poussée doit toujours arriver à la liquéfaction, et même tendre vers la liquéfaction totale.

M. Ariès (3) a contesté ces deux conclusions par des arguments basés sur les limites de légitimité des approximations dans les équations thermodynamiques. La discussion étant parfois assez délicate sur ce terrain, il n'est pas sans intérêt de remarquer que ces résultats sont entièrement d'accord avec les prévisions auxquelles conduit, de façon plus intuitive, la conception cinétique.

1° La chaleur de vaporisation moléculaire $M \times L$ représente toute l'énergie cinétique (4) qu'il faut fournir à l'une et l'autre phases pour maintenir constantes la température T et la pression p (tension de vapeur saturante) d'une certaine masse $\mathfrak{M}$ de fluide pendant que M grammes (une molécule-gramme) passent de la phase liquide (volume spécifique u) à la phase gazeuse (volume spécifique u'). Le terme $Mp(u'-u)$ ou pratiquement Mpu', correspondant au travail exécuté par les molécules de la phase gazeuse sur le piston qui limite l'ensemble du fluide, tend bien vers zéro en même temps que T, puisqu'il est égal à RT. Par contre, il ne semble y avoir aucune raison pour que le terme $N\varpi$, représentant l'énergie cinétique perdue par les N molécules sorties du liquide (contre le champ superficiel de cohésion) soit nul : cela supposerait que les forces de cohésion deviennent nulles au zéro absolu. Il y a au contraire toute vraisemblance pour que le travail exercé par elles sur une molécule qui pénètre dans le liquide tende vers une limite non nulle ϖ_0.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 127.

(2) *Journal de Physique et Radium*, t. 2, 1921, p. 287.

(3) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 896.

(4) On prendra, pour simplifier, comme unité de chaleur, la quantité de chaleur équivalente à l'unité de travail.

2° Dans une détente adiabatique indéfinie d'un gaz à partir d'un état initial quelconque, l'énergie cinétique des molécules décroissant indéfiniment pour fournir le travail extérieur $\int p\, dv$, il arrivera un moment où leurs chocs mutuels se feront avec des vitesses relatives assez faibles pour que les attractions mutuelles de cohésion les retiennent assemblées.

On prévoit même que la liquéfaction ainsi amorcée tend bien à devenir totale, toutes les molécules se laissant progressivement emprisonner dans la phase liquide quand elles la rencontrent (de plus en plus lentement d'ailleurs, car son volume $(\mathfrak{M}-m)u$ devient de plus en plus petit par rapport au volume $V=mu'$ qu'a dû prendre l'enceinte pour réduire l'énergie cinétique des molécules à la valeur moyenne e correspondant à la température T atteinte par la phase gazeuse). Le fait qu'une molécule, dont l'énergie cinétique s'était abaissée dans la phase gazeuse à la valeur moyenne e, acquiert, sous l'action du champ de cohésion, le supplément d'énergie cinétique w (très supérieur à e aux basses températures) lorsqu'elle rentre dans le liquide, n'empêche pas la température de celui-ci de décroître indéfiniment, même à masse croissante, en même temps que celle de la phase gazeuse : les molécules qui entrent dans le liquide y apportent en moyenne l'énergie cinétique totale $e+w$; mais celles qui sortent du liquide sont celles qui possédaient accidentellement une composante d'énergie de translation perpendiculaire à la surface libre plus grande que w, donc une énergie cinétique totale supérieure en moyenne à $E+w$; le refroidissement progressif du liquide exige seulement qu'il sorte n molécules pendant qu'il en entre N, avec la relation $n(E+w)>N(e+w)$ compatible avec $n<N$.

Une objection sérieuse serait à faire au raisonnement ci-dessus si l'on admettait, conformément à une des conclusions accessoires de la thèse de R. Marcelin [1], que les molécules gazeuses rebondissent sur la phase liquide en proportion croissante lorsque la température diminue, au point qu'aucune d'elles ne pourrait plus pénétrer aux très basses températures. Les mesures de vitesses d'évaporation, sur lesquelles elle est basée, sont, comme l'auteur n'a pas manqué de le signaler, très délicates. Le fait que, dans des intervalles de température d'ailleurs assez restreints, les résultats de ces mesures peuvent être représentés par une loi de la forme logarithmique prévue dans la très remarquable étude théorique de cinétique physico-chimique qui constitue la première partie de cette thèse, ne suffit pas à confirmer ces résultats et, avec eux, la conclusion paradoxale à laquelle ils ont conduit. L'étude expérimentale des vitesses d'évaporation a d'ailleurs été reprise par Knudsen d'une façon plus approfondie [2] :

---

(1) *Annales de Physique*, t. 3, 1915, p. 231.
(2) *Annalen der Physik*, IV, t. 47, 1915, p. 697.

elle l'a conduit à conclure que des altérations imperceptibles des surfaces libres suffisent à fausser les résultats de ces mesures dans des proportions formidables, et qu'une surfaee libre bien propre absorbe toutes les molécules gazeuses qui la rencontrent.

La théorie cinétique permet d'ailleurs de prévoir, même sans entrer dans le mécanisme de ces captations, que la masse m de la phase gazeuse doit bien tendre vers zéro (au profit de la masse liquide) en même temps que sa température T. La loi cinétique de répartition des densités d'un gaz dans un champ de forces, si elle n'est pas exactement applicable au passage de la phase gazeuse à la phase liquide, donne cependant l'ordre de grandeur du travail $N\varpi$ du champ superficiel de cohésion, voisin de $RT\,\mathrm{Log}\,\frac{u'}{u}$ (comme on peut le vérifier par exemple sur les chaleurs de vaporisation de l'eau).

Si l'on admet, comme nous l'avons fait, que ce travail de cohésion tend vers une limite finie et non nulle quand T tend vers zéro, et que cette expression reste approximativement applicable, on en déduit que $\mathrm{Log}\,u'$ est infiniment grand de l'ordre de $\frac{1}{T}$ et u' de l'ordre de $e^{\frac{1}{T}}$; par conséquent, le volume total $V = mu'$ est de l'ordre de $me^{\frac{1}{T}}$. D'autre part, la relation $pu' = \frac{R}{M}T$ donne p infiniment petit de l'ordre de $\frac{T}{e^{\frac{1}{T}}}$. Le travail extérieur élémentaire $p\,dV$ a pour terme principal $pm\,du'$, de l'ordre de

$$\frac{T}{e^{\frac{1}{T}}}m\left(-\frac{1}{T^2}e^{\frac{1}{T}}dT\right) \quad \text{ou} \quad \frac{m}{T}(-dT);$$

or ce travail, emprunté à l'énergie cinétique des molécules, est au plus de l'ordre de grandeur de $(-dT)$, ce qui exige m infiniment petit avec T.

On retrouve bien ainsi le résultat que la masse totale $\mathfrak{M}$ se concentre progressivement dans la phase condensée, laquelle tendra d'ailleurs inévitablement vers la forme solide, lorsque, le refroidissement se poursuivant indéfiniment, l'énergie moyenne d'agitation deviendra trop faible pour empêcher l'action des couples directeurs intermoléculaires.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la théorie de l'absorption des rayons X par la matière et le principe de correspondance.* Note (1) de M. **Louis de Broglie**, présentée par M. H. Deslandres.

Dans un travail antérieur (2), j'ai obtenu pour expression du coefficient atomique d'absorption d'une substance pour une radiation de longueur d'onde λ

$$\mu_{at} = \frac{\alpha}{8\pi kc}\lambda^3 \sum_p n_p E_p^2 \quad (^3),$$

k étant la constante de Boltzmann, c la vitesse de la lumière, E_p l'énergie critique de la $p^{\text{ième}}$ couche électronique, n_p le nombre d'électrons de cette couche. La somme Σ doit être étendue à toutes les discontinuités d'absorption dont la longueur d'onde est supérieure à λ. Quant à la constante α, elle est définie par l'hypothèse suivante :

Pour les changements possibles de configuration interne d'un atome placé dans un système en équilibre thermodynamique à la température T, la probabilité A_{12} du retour de l'atome depuis une configuration d'énergie ε_1 jusqu'à une configuration d'énergie moindre ε_2 est proportionnelle à $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$ et aussi à la température absolue, de telle sorte que

$$A_{12} = \alpha(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)T.$$

Nous sommes aujourd'hui en mesure de rendre cette hypothèse très vraisemblable et de calculer la valeur de la constante α.

Considérons un ensemble de N atomes à la température T. Fixons notre attention sur les fréquences ν assez petites, par rapport à T, pour que les lois classiques du rayonnement leur soient applicables. Il est conforme à l'esprit du « principe de correspondance » énoncé par M. Bohr d'admettre que, pour l'émission de ces fréquences, chaque atome est assimilable à un oscillateur électronique à trois dimensions, régi par les lois de l'électromagnétisme. On trouve alors facilement que l'énergie émise par les

(1) Séance du 19 décembre 1921.

(2) Voir *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1137.

(3) Dans la Note citée des *Comptes rendus* nous avions omis le facteur n_p; il est facile de se rendre compte que sa présence est nécessaire.

N atomes pendant l'unité de temps est égale à

$$N\frac{8\pi^2}{c^3}k\frac{e^2}{m}\nu^2 T.$$

e et m étant les constantes de l'électron.

Mais la théorie des quanta jointe à l'hypothèse adoptée ci-dessus donne aussi pour expression de cette énergie $N\alpha h\nu T . h\nu = N\alpha h^2\nu^2 T$ et le principe de correspondance affirme l'identité, pour les fréquences considérées, des deux expressions obtenues. On en tire la valeur de α :

$$\alpha = \frac{8\pi^2}{c^3}\frac{e^2}{m}\frac{k}{h^2}.$$

Portons cette valeur α dans l'expression de μ_{at} et remplaçons, grâce à la relation des quanta E_p par $h\nu_p$, il vient

$$\mu_{at} = \frac{\pi}{c^4}\frac{e^2}{m}\sum_p n_p \nu_p^2 \lambda^3.$$

Pour le coefficient μ_{at} à l'intérieur de la bande K, on aura donc

$$(\mu_{at})_K = \frac{\pi}{c^4}\frac{e^2}{m}\nu_K^2\lambda^3\left[n_K + n_L\left(\frac{\nu_L}{\nu_K}\right)^2 + n_M\left(\frac{\nu_M}{\nu_K}\right)^2 + \ldots\right],$$

en désignant par ν_L, ν_M, etc. les valeurs *moyennes* des fréquences critiques L, M, etc.

La théorie de Bohr donne $\nu_K = RN^2$, où R est la fréquence de Rydberg et N le nombre atomique et l'expérience vérifie bien cette relation.

Le coefficient A_K de la loi de Bragg-Pierce $\mu_{at} = A_K\lambda^3 N^4$ à l'intérieur de la bande K est par suite fournie par l'équation

$$A_K = \frac{\pi}{c^4}\frac{e^2}{m}R^2\left[n_K + n_L\left(\frac{\nu_L}{\nu_K}\right)^2 + n_M\left(\frac{\nu_M}{\nu_K}\right)^2 + \ldots\right] \quad (^1).$$

On est aujourd'hui d'accord pour poser

$$n_K = 2, \qquad n_L = 8, \qquad n_M = 18 \ldots R = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3}.$$

Nous trouvons alors, en employant les meilleures valeurs connues des constantes universelles,

$$A_K = 2,32 . 10^{-2}\,\mathrm{cm}^{-1}.$$

---

(1) L'expression de l'absorption globale se décompose en termes correspondant aux divers électrons intra-atomiques.

Les expériences les plus récentes donnent (Richtmayer, 1921) la valeur

$$A_K = 2,29.10^{-2}\ \mathrm{cm}^{-1},$$

en accord remarquable avec la précédente.

Le coefficient de la loi de Bragg-Pierce est donc une constante universelle exprimable en fonction des constantes de l'électron et du rayonnement. Le succès du raisonnement employé montre la portée profonde du principe de correspondance envisagé comme principe statistique.

Notons enfin que la connaissance exacte des sauts d'absorption à chaque fréquence critique permettrait de déduire la répartition des électrons d'une même couche, de dire, par exemple, comment les électrons L se distribuent entre les niveaux L_1, L_2 et L_3.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Contribution à l'étude de la structure des éléments de nombre atomique moyen.* Note de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. E. Bouty.

I. Depuis la publication de notre étude du spectre de haute fréquence des atomes lourds [1], nous avons obtenu quelques résultats complémentaires, relatifs principalement à l'or dont nous avons poursuivi l'étude en second ordre.

La raie α_3 ($1268,9.10^{-11}$ cm) de cet élément a pu ainsi être bien séparée de α_1 (1272,8) et la raie γ_2 (901,2) a pu l'être de γ_7 (902,5). γ_2 est une raie *forte*, en accord avec notre prévision (*loc. cit.*). Nous avons aussi trouvé deux nouvelles lignes γ très faibles γ'_2 (899,0) et 920,1. La première donne avec β'_3 (1036,0), que nous avons signalée, un doublet de Sommerfeld qui correspond aux combinaisons PL_2 et PL_1. Le fait que $\gamma_8(PL_3)$ n'est pas visible pour l'or proviendrait de ce que cet élément ne possède que six électrons P (éléments Cs-W), alors que l'uranium en a huit (éléments Au-Em) et qu'il s'agit sans doute de niveaux différents. Nous avons ainsi observé en premier ordre une nouvelle ligne γ_{10} très faible pour W(1088,7), Ir(982,2), Pt(950,3) et Sb(2840,2). Elle donne avec β''_2 un huitième doublet de Sommerfeld et correspond à la combinaison N_3L_2. Pour l'or, cette ligne se confondrait avec la raie K d'absorption du brome et ne saurait s'identifier avec 920,1.

II. Nous avons étendu nos mesures au cérium et à l'antimoine, mais en nous bornant au groupe γ du premier, en raison de son impureté. Nous avons cependant reconnu sûrement ses raies γ_4, γ_3, γ_7, γ_1, β_5, β_2 et β_3. Les

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 647.

lignes 1995 et 2195, attribuées par Hjalmar à cet élément, sont incontestablement les raies β_1 et α_1 du samarium; nous ne les avons pas observées. Les lignes 1549 et 1554 n'appartiennent pas non plus au gadolinium, comme le montre le graphique de Moseley. La raie 1773, attribuée au néodyme, est β_1 du terbium; la ligne γ_3 du néodyme mesurant 1801. Les raies 1925 et 1931 ne sont pas γ_3 et γ_7 du praséodyme.

Nous avons pu, par contre, étudier d'une façon à peu près complète les séries L de l'antimoine. Ici encore, la ligne 2779 de Hjalmar n'est pas γ_3 mais probablement le second ordre de la raie Kβ_1 du cuivre; les lignes 2885 et 2897 de l'étain ne sont pas ses raies γ_3 et γ_7; la première mesure 2827 et était faussement identifiée γ_4. Nous avons trouvé dans le spectre de Sb les lignes déjà connues et dix nouvelles : γ_4, γ_3, γ_7, γ_{10}, β_5, β_8, β_9, β''_2, α_3 et η. Celles-ci ont été identifiées par les combinaisons et le résultat s'est montré en accord avec l'extrapolation graphique des limites d'absorption L_1, L_2 et L_3 de Hertz pour les éléments Cs-Nd. Nous n'avons pas trouvé β_6, qui doit coïncider avec le groupe Kα du cuivre en second ordre [1], ni γ_5 qui a pu échapper aux mesures. Par contre, γ_2 n'a pu être décelée.

On sait que les raies L sont déjà dans cette région larges et diffuses et que l'observation des raies faibles est rendue de ce fait extrêmement difficile. Cependant, ce qui frappe dès l'abord est l'apparente simplicité du spectre qui ne ressemble nullement à celui des éléments lourds, bien que les raies principales soient aussi surexposées. Nous avons réuni dans le Tableau ci-dessous les résultats numériques obtenus :

Raies...	γ_4.	γ_3.	γ_7.	γ_{10}.	γ_1.	β_5.	β_8.	β_9.
Intensité.	moy.	forte	moy.	tr. faible	tr. forte	tr. faible	tr. faible	tr. faible
Ce.......	1894,4	1954,8	1960,7	»	2042,8	2155,3	»	»
Sb.......	2633,2	2687,8	2694,6	2840	2845,1	2967,7	2985,5	2989

Raies...	β''_2.	β_2.	β_3.	β_4.	β_1.	α_3.	η.
Intensité.	moy.	tr. forte	forte	ass. forte	tr. forte	moy.	ass. forte
Sb.......	3011,7	3016,4	3146,3	3185,3	3221,6	3417,7	3507,0

Nos clichés démontrent donc d'une façon certaine l'existence d'un niveau O pour Sb, mais — γ_4 étant moins intense que pour le tungstène — moins chargé en électrons que pour celui-ci (8 corpuscules). La table périodique montre en effet que l'antimoine possède 6 corpuscules O (élément Rb-Mo), ses 5 corpuscules superficiels (Ag-Sb) étant des électrons P en partie libres dans le cristal et en partie liés. Ce fait est en accord avec la

(1) Nous trouvons 10 composantes dans la série K du cuivre; en particulier, la raie β_2 possède, ainsi que α_1, un faible satellite de courte longueur d'onde.

remarque que nous avons faite dans notre dernière Note [1] au sujet des propriétés chimiques particulières des éléments Cu, Ag, Au et des atomes qui les suivent.

III. Nous avions, dans une Note antérieure [2], sur la foi des attributions de Hjalmar, relatives aux lignes γ_5 et γ_3 de l'étain, identifié la raie α_3 des éléments As-In avec η des atomes lourds. Cette conclusion est détruite par nos mesures, puisque nous avons trouvé à la fois α_3 et η pour Sb. Sur le graphique de Moseley, la courbe représentative de η coupe la droite α_1 pour le lanthane et les raies α_3 que nous avons trouvées dans le spectre des atomes lourds ne sont donc pas autre chose que la suite des lignes α_3 trouvées par Hjalmar pour les éléments légers. Ce fait est bien démontré par la constance du doublet irrégulier M_1 M'_1. Disons, à ce sujet, que les doublets réguliers de Sommerfeld sont parfaitement vérifiés de Sb à U, mais que les doublets irréguliers se resserrent beaucoup lorsque le nombre atomique décroît.

IV. Nous avons recherché comment les niveaux N′ et M ainsi définis de Sb à U se raccordaient, sur le graphique de Moseley, avec les points fournis par l'étude des potentiels d'ionisation des gaz rares et des vapeurs métalliques.

Comme on le sait, le début de la limite K est donné par les points relatifs à l'hydrogène et à l'hélium et celui de L_1 par le lithium et le néon.

La table périodique que nous avons donnée indique en outre que les potentiels du sodium et de l'argon définissent le début de M_1 et que ceux du potassium et du calcium sont relatifs à N_3. La limite O_2 qui commencerait au cuivre est ensuite précisée par le zinc et le niveau P, qui débuterait à l'argent, l'est par le cadmium. Enfin, le niveau Q qui partirait de l'or est fixé par le mercure.

Ceci étant, on voit que les lignes de Moseley doivent fortement s'incurver pour les basses fréquences, comme Kossel l'avait pressenti, et qu'elles sont alors probablement constituées dans cette région par des lignes brisées dont les points anguleux peuvent être prévus sur la table périodique. Par exemple, la limite M_1 serait incurvée entre Na et A, région où elle se charge en corpuscules, puis rectiligne entre A et Cr, région où elle demeure inaltérée; de nouveau incurvée entre Cr et Ni, puis droite jusqu'au rubidium, élément pour lequel 6 électrons N′ (éléments K-Cr) se fondent dans la couche M préexistante de 12 électrons. Au delà de Rb, on suit la droite M_1 définitive qui est donnée par les spectres de rayons X.

On voit de même que les deux régions du niveau N_3 (celle qui est définie par la droite K-Sb et celle qui l'est par la droite W-U) se rencontrent en

[1] *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1077.
[2] *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 35.

présentant un angle important vers N = 66, c'est-à-dire au milieu des terres rares. Il est probable que la cause en est due à la constitution des niveaux N_1 et N_2 entre le cérium et le tantale. L'énergie des électrons N' est modifiée de ce fait, et ceci se traduit par une courbure des limites N' entre Ce et Ta. Une courbure analogue semble nécessaire, entre W et Au, pour permettre aux deux branches de pentes différentes, Zn-Sb-W et Au-U, du niveau O_2, de se raccorder.

PHYSIQUE. — *Le problème de la relativité dans les diélectriques.* Note (¹) de M. E. Carvallo, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. J'ai appelé l'attention sur l'importance qui s'attache à la considération explicite de la loi suivante de la force électromotrice induite :

Quand un élément conducteur se meut dans le champ magnétique d'un aimant fixe ou d'un courant dont le conducteur est fixe, il est le siège d'une force électromotrice. Celle-ci est mesurée par le flux d'induction magnétique coupé dans l'unité de temps par l'élément mobile.

J'ai montré qu'elle procure les deux avantages suivants :

1° C'est la clef des problèmes tels que celui de la roue de Barlow où figurent non plus seulement des fils, mais des conducteurs à deux ou trois dimensions (²).

2° Elle permet l'extension du principe de relativité de Galilée à l'électromagnétisme des conducteurs et des électrolytes (³).

2. Que devient la loi quand le corps en mouvement est un diélectrique? Blondlot a examiné le cas de l'air (⁴) dont le pouvoir diélectrique K par rapport au vide est voisin de 1. La force électromotrice induite s'est montrée insensible relativement à la valeur que lui assigne la loi ci-dessus.

Pour un corps tel que l'ébonite dont le pouvoir diélectrique est double de l'air, on peut prévoir que la force induite par le mouvement est égale à celle qui correspond au métal multipliée par un coefficient λ compris entre 0 et 1, ces deux nombres limites correspondant aux deux cas extrêmes, celui de l'air raréfié et celui du métal. Il appartient à l'expérience de faire

---

(¹) Séance du 19 décembre 1921.

(²) *Comptes rendus*, t. 133, 1901, p. 1195; *L'électricité déduite de l'expérience*, 2e Partie, Chap. II.

(³) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1155.

(⁴) *Comptes rendus*, t. 133, 1901, p. 848.

connaître les valeurs de λ; mais il est à prévoir que λ a pour valeur le nombre $\frac{K-1}{K}$ que lui assigne la théorie de Lorentz [1]. Cette valeur explique en effet l'entraînement partiel des ondes lumineuses dans l'expérience de Fizeau [2], conformément à la formule de Fresnel [3].

3. Pour le montrer, je considère un système d'axes attaché aux corps inducteurs supposés fixes. Soit v la vitesse du diélectrique. Pour simplifier les écritures, je la suppose dirigée suivant Ox. Les calculs sont ceux de ma précédente Note.

La force électromotrice induite dans l'ébonite mobile introduit dans la première des équations de Maxwell le terme $\lambda v\left(\frac{\partial b}{\partial y}+\frac{\partial c}{\partial z}\right)$. Ladite équation s'écrit donc

$$-\left(\frac{\partial}{\partial y}Z-\frac{\partial}{\partial z}Y\right)+\lambda v\left(\frac{\partial b}{\partial y}+\frac{\partial c}{\partial z}\right)=a'. \tag{1}$$

Pourvu que v représente la *vitesse relative* du diélectrique par rapport à la source inductrice, cette grandeur ne change pas quand on passe à un nouveau système d'axes $O_1x_1y_1z_1$ animé d'une vitesse de translation v_1. Choisissons $v_1=\lambda v$; le premier membre de l'équation (1) demeure invariant. Le second membre devient

$$a'=\frac{da}{dt}-\lambda v\frac{\partial a}{\partial x_1},$$

a' étant la dérivée par rapport au temps pour x constant, et $\frac{da}{dt}$ la dérivée pour x_1 constant; de sorte que l'équation (1) se transforme en celle-ci :

$$-\left(\frac{\partial}{\partial y_1}Z-\frac{\partial}{\partial z_1}Y\right)+\lambda v\left(\frac{\partial b}{\partial y_1}+\frac{\partial c}{\partial z_1}\right)=\frac{da}{dt}-\lambda v\frac{\partial a}{\partial x_1}. \tag{2}$$

Les termes en λv se détruisent en vertu de la loi du flux de l'induction magnétique. Ces termes supprimés, *on reconnaît l'équation correspondante au cas des corps en repos*. On peut donc énoncer la loi suivante :

Un diélectrique de coefficient d'induction λ, recevant d'une source fixe une onde électromagnétique et se trouvant animé de la vitesse v par rapport à la source, la propagation de l'onde se fait comme dans le cas du repos, relativement à des axes animés de la vitesse λv. En d'autres termes, *le di-*

(1) Poincaré, *Électricité et optique*, 2e édition, 3e Partie, Chap. IV.

(2) Fizeau, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. 57, 1859, p. 385.

(3) Fresnel, *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. 9, p. 57.

électrique animé de la vitesse v entraîne les ondes avec la vitesse λv, λ ayant pour valeur $\frac{K-1}{K}$; c'est bien la loi de Fresnel-Fizeau.

4. Nous avons considéré seulement la première des deux équations vectorielles de l'électromagnétisme. Pour que notre conclusion soit légitime, il faut encore que la deuxième équation présente le même caractère analytique que la première; il faut donc y introduire un terme en λ correspondant à celui de l'équation (1). Qu'on cesse, pour la généralité, de supposer la vitesse v dirigée suivant Ox; qu'on désigne par ξ, η, ζ les composantes de cette vitesse; par α, β, γ celles de la force magnétique; par f, g, h celles du déplacement électrique, la première des trois équations relatives à la circulation de la force magnétique s'écrira

$$\left(\frac{\partial}{\partial y}\gamma-\frac{\partial}{\partial z}\beta\right)+\lambda\left[\frac{\partial}{\partial y}(\xi g-\eta f)-\frac{\partial}{\partial z}(\zeta f-\xi h)\right]=f'.$$

Quel est le fait expérimental qui correspond au terme en λ? C'est que la vitesse (ξ, η, ζ) du diélectrique placé dans le champ électrique (f, g, h des inducteurs fixes induit une force magnétomotrice dont les composantes sont, par unité de volume,

$$-\lambda(\eta h-\zeta g),\quad -\lambda(\zeta f-\xi h),\quad -\lambda(\xi g-\eta f).$$

Cette force magnétomotrice s'ajoute à celle des courants de déplacement (f', g', h'). Elle a été mise en évidence par M. Röntgen ([1]).

5. Il y aurait intérêt à reprendre les expériences sur les deux forces étudiées dans cette Note et qui sont induites par le déplacement relatif d'un diélectrique dans le champ électromagnétique d'inducteurs considérés comme fixes : c'est une force électromotrice pour le champ magnétique; c'est une force magnétomotrice pour le champ électrique. L'intérêt qui s'attache à l'étude de ces forces est qu'elles jouent un rôle fondamental dans le problème de la relativité en électromagnétisme.

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE. — *Sur le problème de l'achromatisme.* Note de M. R. **Boulouch**, présentée par M. M. Brillouin.

Dans une Note précédente ([2]), j'ai indiqué, pour les systèmes centrés épais, une mise en équation rationnelle du problème de l'achromatisme

([1]) Röntgen, *Sitzungsberichte der Berliner Akad. der Wissenschaften*, 1885; *Wied. An.*, 1888.

([2]) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1342.

ponctuel axial. L'achromatisme d'un élément linéaire normal à l'axe ne pourra être obtenu que si les droites-images situées déjà dans un même plan de front, ont, de plus, la même hauteur.

Si les milieux extrêmes sont les mêmes, et si l'on réalise les conditions $M = 0$, $N = 0$, $P = 0$, de la Note sus-indiquée, l'achromatisme angulaire et l'achromatisme latéral sont assurés, car, dans un tel système, tout est déterminé (à une ambiguïté de signe près), par la connaissance de trois couples de points conjugués; en dehors de ce cas, l'existence de l'achromatisme ponctuel axial n'entraîne pas nécessairement celle des deux autres.

Pour établir les conditions de ces formes d'achromatisme, considérons deux rayons conjugués d'inclinaisons u_0, u_1, passant par les points d'abscisses q_0, q_1 (origine au centre); sur ces deux rayons, deux points conjugués de Gauss (confondus avec des focales sagittales) seront les sommets de deux petites droites conjuguées de hauteur h_0, h_1, dont les pieds auront pour abscisses q'_0, q'_1; les égalités

$$u_0 = \frac{h_0}{q'_0 - q_0}, \qquad u = \frac{h_1}{q'_1 - q_1}, \qquad \frac{h_0}{q'_0} = \frac{h_1}{q'_1}$$

nous donnent, en employant les notations de la précédente Note, et en désignant par $\gamma_1 = \frac{u_1}{u_0}$ et $\gamma'_1 = \frac{n_0 h_0}{n_1 h_1}$ les rapports de convergence aux deux points objets d'abscisses q_0, q'_0,

$$\frac{du_0}{u_0} - \frac{du_1}{u_1} = - \frac{k_1(1 - \gamma_1)(n_0 - n_1\gamma'_1)}{(n_1 - n_0)k_1(\gamma_1 - \gamma'_1)} \left(\frac{dn_0}{n_0} - \frac{dn_1}{n_1}\right) + \frac{dq_0}{q'_0 - q_0} - \frac{dq_1}{q'_1 - q_1},$$

$$\frac{dh_0}{h_0} - \frac{dh_1}{h_1} = - \frac{k_1(1 - \gamma_1)(n_0 - n_1\gamma'_1)}{(n_1 - n_0)k_1(\gamma_1 - \gamma'_1)} \left(\frac{dn_0}{n_0} - \frac{dn_1}{n_1}\right) + \frac{dq'_0}{q'_0 - q_0} - \frac{dq'_1}{q'_1 - q_1}.$$

On écrit des équations analogues pour les dioptres successifs, et l'on voit que les hauteurs, les angles et les variations d'abscisses intermédiaires, s'éliminent par simple addition; quant au premier terme des seconds membres, on obtient une élimination de proche en proche de tous points semblable à celle qui donne la fonction

$$C = M\gamma^2 + N\gamma + P$$

par les substitutions

$$\gamma_1 = \Gamma\frac{K}{k_1} + \frac{K}{k_2}, \qquad \gamma'_1 = \Gamma'\frac{K}{k_1} + \frac{K}{k_2}, \qquad \frac{1}{\gamma_2} = \frac{K}{k_1} + \frac{K}{k_2\Gamma}, \qquad \frac{1}{\gamma'_2} = \frac{K}{k_1} + \frac{K}{k_2\Gamma'}.$$

Le dénominateur du terme considéré relatif au deuxième dioptre

contient $K(\Gamma - \Gamma')$, comme celui du premier dioptre, et l'addition produit, au numérateur, une expression qui ne diffère de la forme

$$a_0 \frac{dn_0}{n_0} + a_1 \frac{dn_1}{n_1} + a_2 \frac{dn_2}{n_2}$$

(*loc. cit*), que par l'introduction d'un Γ' à la place d'un Γ; au lieu d'une expression du deuxième degré en Γ, on obtient une forme homographique en Γ', Γ, et les termes de degré 2 et 0 auront nécessairement les mêmes coefficients dans les deux formules; en employant pour les milieux extrêmes les notations u, u', dx_0, dx'_0, h, h', dx, dx', $\gamma_0 = \frac{u'}{u}$, $\gamma = \frac{nh}{n'h'}$, on obtiendra par éliminations successives :

$$\frac{du}{u} - \frac{du'}{u'} = \frac{-(M\gamma_0\gamma + N'\gamma_0 + N''\gamma + P)\,d\lambda}{k(\gamma_0 - \gamma)} + \frac{n\,dx_0 - \gamma\gamma_0 n'\,dx'_0}{k(\gamma_0 - \gamma)},$$
$$\frac{dh}{h} - \frac{dh'}{h'} = \frac{-(M\gamma_0\gamma + N'\gamma_0 + N''\gamma + P)\,d\lambda}{k(\gamma_0 - \gamma)} + \frac{n\,dx - \gamma\gamma_0 n'\,dx'}{k(\gamma_0 - \gamma)};$$

la forme homographique devant se réduire à celle du deuxième degré, quand on fait $\gamma = \gamma_0$, on a $N' + N'' = N$.

On peut éliminer $n'\,dx'_0$ et $n'\,dx'$ par les formules qui donnent la fonction C, et il en résulte les remarquables formules suivantes :

$$\frac{du}{u} - \frac{du'}{u'} = -\frac{1}{k}\left(N' + \frac{P}{\gamma_0}\right)d\lambda + \frac{n\,dx_0}{k\gamma_0},$$
$$\frac{dh}{h} - \frac{dh'}{h'} = +\frac{1}{k}\left(N'' + \frac{P}{\gamma}\right)d\lambda - \frac{n\,dx}{k\gamma},$$

de sorte qu'on pourra écrire au point γ_0 :

$$\frac{dH}{H} - \frac{dH'}{H'} = \frac{1}{k}\left(N'' + \frac{P}{\gamma_0}\right)d\lambda - \frac{n\,dx_0}{k\gamma_0};$$

mais la relation bien connue $nHu = n'H'u'$ nous fournit

$$\frac{dH}{H} - \frac{dH'}{H'} + \frac{du}{u} - \frac{du'}{u'} = \frac{dn'}{n'} - \frac{dn}{n},$$

d'où

$$N'' - N' = -k\left(\frac{1}{n}\frac{dn}{d\lambda} - \frac{1}{n'}\frac{dn'}{d\lambda}\right)$$

qui avec $N' + N'' = N$ nous donnent les valeurs de N' et de N''; de telle sorte

que les trois équations

$$n\,dx_0 - \gamma_0^2\,n'\,dx'_0 = (M\gamma_0^2 + N\gamma_0 + P)\,d\lambda = C\,d\lambda,$$

$$\frac{du}{u} - \frac{du'}{u'} = -\frac{1}{k}\left[\frac{N}{2} + \frac{k}{2}\left(\frac{1}{n}\frac{dn}{d\lambda} - \frac{1}{n'}\frac{dn'}{d\lambda}\right) + \frac{P}{\gamma_0}\right]d\lambda + \frac{n\,dx_0}{k\gamma_0},$$

$$\frac{dH}{H} - \frac{dH'}{H'} = +\frac{1}{k}\left[\frac{N}{2} - \frac{k}{2}\left(\frac{1}{n}\frac{dn}{d\lambda} - \frac{1}{n'}\frac{dn'}{d\lambda}\right) + \frac{P}{\gamma_0}\right]d\lambda - \frac{n\,dx_0}{k\gamma_0}$$

permettent de résoudre au moyen des quantités M, N, P tous les problèmes d'achromatisme de l'approximation de Gauss.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la constitution du sélénium.* Note de M. H. **Pélabon**, présentée par M. A. Haller.

Nous avons montré dans une précédente Note [1] qu'il est possible de préparer des échantillons de sélénium gris dont la résistivité spécifique, mesurée à la température ordinaire, peut varier dans de très larges limites (depuis quelques ohms jusqu'à plusieurs millions d'ohms). Les déterminations que nous venons de faire nous ont conduit à la conclusion suivante :

Les différents échantillons de sélénium gris doivent être formés de mélanges en proportions variables de deux modifications, α et β. La modification α serait très résistante; la modification β serait, au contraire, très conductrice.

Sélénium gris α. — Pour préparer un sélénium gris riche en modification α, il suffit de fondre le sélénium pur (précipité d'une solution d'acide sélénieux par un courant de gaz sulfureux) en prenant soin de dépasser à peine la température de fusion, puis de le laisser refroidir lentement. Si dans ces conditions le corps restait vitreux, il suffirait de le chauffer vers 90°, la transformation en sélénium gris se produirait avec dégagement de chaleur.

La résistivité spécifique de ce sélénium gris est de plusieurs millions d'ohms à la température ordinaire, elle diminue d'abord très rapidement quand la température s'élève, puis plus lentement. Dès le début, une variation d'un degré peut amener une diminution de 290000 ohms, soit le centième de la résistivité de l'échantillon.

Vers 200° la résistivité prend une valeur voisine de 70000 ohms et, si l'on continue de chauffer, le corps fond à 218°. La fusion est accompagnée

(1) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 295.

d'un accroissement brusque de la résistivité qui reprend à peu près la même valeur qu'à 15°. En faisant croître la température régulièrement jusqu'au point d'ébullition du sélénium liquide, on trouve que la résistivité spécifique ρ satisfait à la relation déjà indiquée

$$\log(\text{vulg.})\,\rho = 8{,}506 - 0{,}0095\,t. \tag{1}$$

La variation rapide de ρ dans ces conditions doit être due à la transformation graduelle avec absorption de chaleur de la modification α en la modification β. Aux températures élevées, les deux formes sont en équilibre et cet équilibre se déplace dans le sens $\alpha \rightarrow \beta$ par élévation de température.

Pour vérifier que l'accroissement rapide de ρ à 218° est dû au changement d'état du sélénium gris, nous avons construit la courbe de réchauffement. Cette courbe présente un point d'inflexion unique vers 218°; l'absence de palier s'explique par la faible conductibilité calorifique du sélénium qui empêche l'équilibre thermique de se réaliser rapidement.

J'ajouterai que le sélénium gris α est sensible à la lumière. Cette sensibilité, du reste assez faible, s'expliquerait par l'action des radiations calorifiques.

Sélénium gris β. — Pour obtenir un alliage riche en sélénium β, on commence par amener le sélénium liquide au voisinage du point d'ébullition, on le laisse ensuite refroidir. Au début, on retrouve en sens inverse les valeurs de ρ données par la relation (1), mais bientôt, pour une valeur θ de t variable avec la vitesse du refroidissement, la résistivité diminue notablement. Tout se passe comme si, à partir de la température θ, la vitesse du refroidissement, devenue supérieure à la vitesse de la transformation inverse $\beta \rightarrow \alpha$, la modification β se trouvait fixée en partie. Du reste le corps, revenu à la température ordinaire, ne présente plus qu'une résistance de quelques ohms, variable avec la durée du refroidissement. Cette résistivité finale est d'autant plus faible que la température θ est plus élevée.

Le sélénium gris ainsi préparé n'est évidemment pas la modification β pure, on peut s'en rendre compte en étudiant d'une part la variation de sa résistance en fonction de la température et d'autre part sa vitesse de réchauffement. La courbe qui traduit les variations de ρ indique trois valeurs maxima de cette quantité. La première, qui s'observe vers 210°, ne varie pas beaucoup d'un échantillon à un autre; la seconde, plus nette, s'observe pour une température un peu plus élevée, mais variable d'un échantillon à l'autre. Au premier maximum correspond un point d'inflexion de la courbe de réchauffement; c'est le début de la fusion; au second maximum correspond un point anguleux très net de la même courbe qui marque la fin de la fusion.

Tout s'explique si, comme nous l'avons supposé, le corps est un mélange des deux séléniums α et β. La dernière forme ayant un point de fusion plus élevé. Une expérience de Lehmann et Tammann ([1]) qui virent sous le microscope du sélénium fondre en un liquide rouge, dans lequel prirent naissance des cristaux gris, qui disparurent à plus haute température, est d'accord avec nos observations. La troisième valeur maxima de ρ correspond à un point de la courbe (1). Pour les températures inférieures à l'abscisse T de ce point, le sélénium β se transforme en sélénium α et la résistivité augmente; pour les températures supérieures à T, l'équilibre est rétabli entre les deux formes et, dans ces conditions, la résistivité diminue quand t croît (α se transforme en β).

Aux basses températures la variété β n'est pas stable. Sa transformation en la variété α se fait aisément par oscillations de la température, entre 15° et 200° par exemple. La résistivité du corps à 15° augmente d'abord lentement à chaque oscillation puis, de plus en plus rapidement, de sorte qu'on peut faire prendre au sélénium gris telle résistivité spécifique qu'on désire. Après un très grand nombre d'oscillations, on peut finalement retrouver le sélénium α caractérisé par sa résistance énorme.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité des oxydes d'uranium.* Note de M. **Charles Staehling**, présentée par M. Haller.

Dans une Note antérieure ([2]) nous avons décrit un certain nombre de faits relatifs à la radioactivité des oxydes d'uranium.

Des échantillons d'oxydes d'uranium avaient été préparés, les derniers dans des conditions de grande pureté, par calcination de divers composés d'urane, en particulier d'uranate d'ammoniaque en opérant au rouge sombre dans un courant d'oxygène vers 600°, et de nitrate d'uranyle en opérant au rouge vif vers 800° en présence de l'air. Cette température n'était généralement guère dépassée.

Les activités étaient mesurées par la méthode au quartz piézo-électrique de Curie, l'oxyde étant étalé sur plateaux de 50^{mm} de diamètre en couche de 1^{mm} d'épaisseur.

Cette disposition en couche de 1^{mm} avait été employée en raison de sa commodité : en effet, la mesure des activités de préparations uraniques étalées en couches suffisamment minces pour donner la totalité du rayon-

---

([1]) *Ann. Phys. Chem. Wiedem.*, t. 62, 1897, p. 280.
([2]) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1036.

nement α fournit des chiffres extrêmement faibles, voisins de la limite de sensibilité des appareils.

En fait, les étalons d'uranium généralement usités sont préparés avec des couches d'épaisseur de cet ordre.

Les préparations étaient conservées sous verres de montre et enfermées dans un meuble spécial du laboratoire. Or toutes ces préparations avaient montré, au bout d'un temps suffisamment long, des baisses d'activité α pouvant aller, après quelques années, jusqu'à 30 pour 100 de la valeur primitive, les produits dont la couleur allait le plus vers le vert ayant présenté les baisses les plus fortes, ceux dont la couleur allait le plus vers le noir, les baisses les plus faibles.

L'aspect extérieur de la préparation ne changeait aucunement au cours de cette chute d'activité. Les oxydes parfaitement noirs, provenant de calcinations à très haute température (1200° env.) présentaient seuls des activités stables. D'autre part, les activités diminuées des oxydes verts avaient été rétablies à leur valeur primitive en reprenant les oxydes à l'état de sels, puis recalcinant ces sels à l'état d'oxydes.

Depuis la reprise de ces expériences, interrompues presque complètement pendant 18 mois, les faits suivants ont été constatés :

1° Tous les faits précédemment décrits ont été confirmés;

2° L'activité de l'oxyde vert rétablie à sa valeur primitive s'est remise à décroître, comme l'activité de tout oxyde vert;

3° Il n'est pas nécessaire de passer par l'intermédiaire du sel pour rétablir l'activité primitive. Une calcination directe de l'oxyde dégradé rétablit les activités primitivement mesurées;

4° En même temps que se rétablit l'activité, le produit subit une perte de poids;

5° Cette perte de poids correspond, pour la plus grande partie en tous cas, à un départ d'eau, qui a été recueillie;

6° Une chauffe faite sur un oxyde de couleur presque noire, dont l'activité avait très peu diminué depuis 8 années, n'a provoqué qu'une très faible perte d'eau et une montée infime de l'activité;

7° Un échantillon commercial très ancien d'oxyde parfaitement noir, dont l'activité est restée constante, depuis des années, comme celle des oxydes parfaitement noirs préparés par calcination à très haute température, n'a, par une chauffe de 600°, ni perdu d'eau ni varié d'activité.

Les expériences relatées en 3°, 4°, 5°, 6° et 7° sont consignées dans le Tableau suivant :

Nom et couleur du produit.	Activité en janv. 1914.	Activité en novembre-décembre 1921. Avant chauffe.	Après chauffe à 500°.	Après chauffe à 1200°.	Perte de poids pour 100. Après chauffe à 500°.	Après chauffe à 1250°.
N.C.1 (vert)............	6,01	5,11	»	5,97	»	»
19W (vert).............	5,85	4,13	5,56	5,96	5,94	»
3LaLeb (vert)...........	5,94	4,74	5,62	5,91	5,70	1,48
4LaLeb (presque noir)...	6,05	5,70	5,73	6,08	0,45	0,10
Oxyde noir commercial...	6,15	6,12	6,17	»	0,01	»

Conclusions. — Il semble que l'on soit dès à présent en droit de tirer de ces faits les conclusions qui suivent :

1. Les préparations d'oxyde vert d'urane, même à un état de très grande pureté, s'hydratent lentement à l'air, sans changer aucunement d'aspect extérieur. Cette hydratation est sensible, pour des couches de 1mm d'épaisseur, au bout de quelques mois et se prolonge pendant des années.

2. Cette hydratation pourrait expliquer les chutes d'activité observées, soit qu'elle intervienne en diminuant la densité superficielle des atomes d'uranium, soit qu'elle agisse sur la valeur de l'absorption des rayons α.

3. Les oxydes noirs, obtenus par calcination à très haute température ne s'hydratent pas : c'est pourquoi la mesure de leur radioactivité apparente ne décroît pas, comme celle des oxydes verts.

4. Ces faits tendent à confirmer l'existence controversée d'un oxyde noir défini, qui, s'il n'a pas la formule U_2O_5, serait du moins une variété allotropique (isomère ou polymère) du composé vert U_3O_8 et n'aurait pas les facultés d'hydratation de celui-ci.

Dans la chauffe au-dessus de 600° il y aurait par conséquent, outre le phénomène de dissociation partielle, un phénomène de polymérisation, par exemple.

5. Les conclusions précédentes montrent que les résultats relatés dans notre Note du 1er décembre 1919 peuvent s'expliquer sans faire l'hypothèse d'une contradiction avec les théories de la radioactivité.

D'autre part, nos remarques relatives aux *plateaux-étalons d'uranium* subsistent entièrement.

Il est indispensable dans l'établissement de ces plateaux *d'avoir recours aux oxydes noirs* obtenus par calcination à très haute température, qui sont seuls constants, et d'exclure les oxydes verts, qui s'hydratent lentement et présentent des chutes d'activité apparente pouvant aller, pour les

couches d'épaisseur usuelle, de 5 pour 100 en six mois jusqu'à 30 pour 100 au bout de six ans.

Des expériences sont instituées pour préciser la nature de cette hydratation et la manière dont elle agit sur l'activité.

CHIMIE. — *Relations entre les propriétés moléculaires et la capacité de fixation d'iode de certains hydrocarbures.* Note de M. **Paul Woog**, présentée par M. Brillouin.

La rigidité élastique des molécules des corps gras, que nous avons indiquée comme l'un des facteurs de l'onctuosité (1), est, à notre avis, influencée par la présence des liaisons carbonées multiples. En considérant les valences non satisfaites comme amoindrissant la rigidité, on peut classer les huiles grasses au moyen du quotient de leur volume moléculaire par la proportion de liaisons multiples contenues dans une molécule moyenne, et irée de la valeur de l'indice d'iode.

Si l'on étudie aussi à ce point de vue les huiles minérales, on n'obtient que de faibles indices d'iode (iode fixé pour 100), et ceux-ci ne montrent qu'une augmentation légère accompagnant la complication de la molécule. En rapportant la quantité d'iode absorbé au poids moléculaire, on constate une élévation qui suit l'accroissement de la molécule, mais certains écarts s'opposent à une relation régulière entre les deux séries de valeurs; de leur côté, les valences incomplètes ne sont pas mises en évidence.

Nous avons déduit la proportion de doubles liaisons, de la surface occupée sur l'eau par une molécule moyenne d'huile; l'étalement de ces corps sur l'eau n'est dû, en effet, qu'à la présence « active » de ces doubles liaisons, à chacune desquelles l'expérience permet d'attribuer une aire de

$$20 \times 10^{-16}\,\text{cm}^2.$$

Dans ces mesures, nous considérons les molécules saturées comme reposant, en nombre d'assises variables, sur la couche monomoléculaire non saturée en contact avec l'eau. Si nous calculons alors le poids d'iode correspondant à ces doubles liaisons (une double liaison équivalant à deux atomes d'iode) puis que nous retranchions les chiffres trouvés des valeurs d'iode que nous avons vues précédemment être absorbées par molécule, il reste

(1) Paul Woog, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 303 et 387.

des quantités d'iode qui semblent être, cette fois, en relation régulière avec les poids moléculaires. En portant en abscisses les poids moléculaires d'une série homologue d'huiles américaines, et en ordonnées les valeurs d'iode correspondantes réduites, comme il a été dit, proportionnellement aux doubles liaisons, on constate que ces points jalonnent nettement une courbe régulière dont la définition se rapproche de la relation

$$\mathrm{Log}\, I_{M_0} + K = \mathrm{Log}\, I_{M_{50}},$$

où $\mathrm{Log}\, I_{M_0}$ représente le logarithme de la valeur d'iode correspondant à un poids moléculaire quelconque, et $\mathrm{Log}\, I_{M_{50}}$ le logarithme de la valeur d'iode s'appliquant à un poids moléculaire de 50 unités plus élevé que le précédent. K est une constance voisine de 0,0664.

Huiles.	Poids moléculaires.	Indices d'iode (I fixé p. 100).	Iode fixé rapporté au poids moléculaire. (A).	Surface occupée sur l'eau par une molécule moyenne $\times 10^{-16}$ cm². (B).	Proportion de doubles liaisons par molécule $\frac{B}{20 \times 10^{-16}}$ (C).	Iode correspondant à C. (D).	Différence entre A et D.
B. Spindle	296	13,12	38,83	1,3578	0,06789	17,24	+ 21,59
885 Pale	305	11,09	33,82	1,1219	0,0560	14,24	+ 19,58
Machinery n° 1	337	12,44	41,92	0,9064	0,0453	11,51	+ 30,41
N° 2 Red	361	12,76	46,06	1,8216	0,0910	23,13	+ 22,93
H. V. Pale	369	12,20	45,01	1,4627	0,0731	18,57	+ 26,44
Solar Red	379	13,10	49,64	2,1049	0,1052	26,73	+ 22,91
Bayonne Engine	400	11,39	45,56	1,0992	0,0549	13,95	+ 31,61
Queens Heavy Red	407	12,99	52,86	1,5400	0,0770	19,55	+ 33,31
Cosmos	628	10,98	68,95	0,5632	0,0281	7,15	+ 61,80
Continental	635	10,98	69,72	0,3163	0,0158	4,01	+ 65,71
Cold Test	642	11,60	74,47	0,7760	0,0388	9,85	+ 64,62
A. Cylinder	744	14,209	105,64	1,7013	0,0850	21,60	+ 84,04
F. F. F. Cylinder	748	11,43	85,49	0,2354	0,0117	2,98	+ 82,51
N. Cylinder	799	14,36	114,73	1,6062	0,0803	20,39	+ 94,34
Locomotive	853	15,88	135,45	1,4685	0,0734	18,64	+116,81
Extra L. L.	949	17,64	167,40	0,8397	0,0419	10,66	+156,74

Cette capacité progressive d'addition ou de substitution des molécules d'huiles minérales, nous semble pouvoir tenir son origine de causes analogues à celles qui déterminent les réactions dissociantes du *cracking-process*. Une distillation est, en effet, toujours employée pour fractionner les hydrocarbures : nous pensons que, durant ce traitement, l'altération des molécules peut se traduire par des transformations définitives, que l'on constate, et en

modifications latentes qui troublent pourtant assez l'équilibre des molécules pour que l'iode soit capable, en se fixant, de déceler ces perturbations.

L'existence de l'instabilité latente moléculaire peut d'ailleurs être, dans une certaine mesure, vérifiée par l'expérience. Les solutions benzéniques d'huiles employées pour nos essais restent inaltérées à l'obscurité, mais, à la lumière, il se forme, par oxydation, des produits acides. Cette altération photochimique, réalisée en quelques heures au soleil, tend en lumière diffuse, vers une limite qui correspond précisément à l'utilisation des liaisons instables dans la molécule.

Du fait de l'apparition des groupes CO^2H *actifs*, la place occupée sur l'eau par une molécule insolée est plus grande qu'avant exposition à la lumière. En négligeant la possibilité de la formation de produits intermédiaires moins oxydés, et en considérant que, par la photolyse, chaque double liaison fournit de son côté deux carboxyles, il est possible de connaître, par une nouvelle mesure de surface, le nombre des radicaux acides, ceux-ci étant admis couvrir individuellement un espace de 20×10^{-16} cm².

		Solutions fraîches.			Solutions insolées.			
Huiles.	Indice d'iode moléculaire (A).	Teneur en huile pour 100 des solutions.	Surface occupée par une molécule $\times 10^{-16}$ cm².	Doubles liaisons correspondantes.	Surface occupée par une molécule. $\times 10^{-16}$ cm².	Groupes CO^2H correspondants.	Iode correspondant. (B).	Différence entre A et B.
Solar Red	49,64	0,4612	2,1049	0,1052	8,7671	0,4383	55,67	+6,03
N° 2 Red	46,06	0,4590	1,8216	0,0910	7,5073	0,3753	47,67	+1,61
H. V. Pale	45,01	0,3842	1,4627	0,0731	7,3145	0,3657	46,44	+1,43
B. Spindle	38,83	0,2409	1,3578	0,0678	6,1469	0,3073	39,03	+0,20
Bayonne Engine.	45,56	0,4581	1,0992	0,0549	6,9062	0,3453	43,85	−1,71
Machinery n° 1	41,92	0,2948	0,9064	0,0453	6,1865	0,3093	39,28	−2,64

Comme on peut attribuer à chaque carboxyle l'équivalence d'un atome d'iode, on voit par les différences de la dernière colonne du tableau ci-dessus, qui concerne des termes d'une série homologue laissés pendant 4 mois en pleine lumière diffuse, que l'indice d'iode moléculaire correspond sensiblement à la quantité d'iode qui traduit l'évolution imprimée à la molécule par la lumière diffuse. Or nous savons que cet indice d'iode moléculaire est la somme de l'iode fixé par le nombre connu des doubles liaisons préexistant dans l'huile et du métalloïde manifestant l'instabilité latente : la réalité de celle-ci se trouve donc confirmée. On voit aussi que les doubles liaisons qui se trouvent initialement dans les huiles hâtent l'action de la lumière d'autant plus qu'elles sont plus nombreuses.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la composition de l'agar.* Note de MM. **Samec** et **V. Ssajevič**, présentée par M. L. Maquenne.

Se basant sur le fait que l'amylopectine est un éther phosphorique d'amyloses, M. Samec s'est trouvé conduit à admettre comme probable que certaines autres substances colloïdales sont en général susceptibles, en se composant avec des groupes atomiques qui donnent au nouveau corps le caractère d'un électrolyte colloïdal, de se transformer en une substance fortement hydratée et capable de se former en gelée dans certaines conditions.

Les expériences faites sur l'agar à ce point de vue ont montré que dans cette gelée l'acide sulfurique et peut-être aussi l'acide silicique jouent un rôle analogue à celui de l'acide phosphorique dans l'amidon.

L'agar que l'on trouve dans le commerce contient 4,30 pour 100 de cendres dont 2,05 pour 100 de SO^4. Après une dialyse de trois mois par de l'eau distillée courante et une électrodialyse ultérieure, le pourcentage de cendres n'a pu être amené au-dessous de 1,31 pour 100, ni le pourcentage de SO^4 au-dessous de 1,03 pour 100.

Mais si l'on chauffe pendant quelques heures à 120° l'agar extrêmement dialysé, la fraction de SO^4 dialysable devient de plus en plus forte; la conductibilité électrique de la solution augmente, et en même temps la viscosité diminue, sans toutefois, ainsi que le montre la Table suivante, entraîner une décomposition de la matière organique.

Durée du chauffage à 120°	0.	1 heure.	3 heures.
Viscosité de la solution à 0,1 pour 100 à 40°	1,26	1,12	1,03
Grandeur moléculaire moyenne (déterminée par la pression osmotique)	6752	5847	5556
Conductivité électrique $\times 10^5$	13,1	14,1	20,1
Pourcentage de SO^4 non dialysable	1,03	0,922	0,780
Pourcentage de la fraction gélatineuse	100	97	93

Le pourcentage relatif de la fraction gélatineuse tombe, mais sa contenance en SO^4 ne se modifie pas beaucoup durant les trois premières heures et se chiffre par 0,82 pour 100 de la substance desséchée à 105°.

Au fur et à mesure que la viscosité et la teneur en SO^4 diminuent, on voit diminuer aussi la capacité de réaction de la gelée d'agar avec les alcalis. Ainsi que le montre la Table suivante, pour une concentration croissante de l'alcali, la viscosité de la solution d'agar commence par augmenter et

diminue ensuite, après avoir passé par un maximum. On trouve ce maximum de viscosité dans un alcali d'autant moins concentré que la solution d'agar a été chauffée plus longtemps, c'est-à-dire que l'éther sulfurique de l'hydrate de carbone est déjà plus saponifié.

	Concentration de NaOH	0.	1.10^{-4} N.	5.10^{-4} N.	1.10^{-3} N.	5.10^{-3} N.
Viscosité de la solution d'agar à 0,1 pour 100 et à 40° :	sans chauffage	1,263	1,282	1,293	1,306	1,282
	après une heure de chauffage à 120°	1,022	1,030	1,035	1,045	1,036
	après trois heures de chauffage à 120°	1,019	1,031	1,042	1,023	1,020

Dans toutes les transformations observées par nous, et dont celles que l'on vient de citer ne sont qu'une petite fraction, nous avons observé une grande analogie entre l'amidon et l'agar, de sorte que l'hypothèse que l'agar serait un éther sulfurique de gélose acquiert un haut degré de probabilité.

L'éther sulfurique du gélose se distingue surtout de l'amylopectine par sa teneur sensiblement plus forte en électrolytes anorganiques, par sa grandeur moléculaire moyenne plus faible et par sa plus grande viscosité intérieure.

Tandis que dans l'amylopectine un gramme-atome de phosphore correspond à 40600g de substance organique, un gramme-atome de S correspond dans l'éther sulfurique du gélose à 9320g de substance organique

$$\{(C^6H^{10}O^5)^{57}SO^4H^2\}.$$

Il est fort probable que la viscosité presque 10 fois plus grande de l'agar a précisément sa raison d'être dans la teneur relativement beaucoup plus élevée en SO^4.

En dehors de la gélose colloïdale composée avec l'acide sulfurique, l'agar purifié par dialyse ne contient aucune substance organique en quantité appréciable. Les produits que l'on ne peut précipiter par l'électrodialyse ne se forment que lors du chauffage de l'éther sulfurique du gélose. Leur quantité est d'abord petite, mais après 5 heures de chauffage à 120° elle atteint déjà 30 pour 100 de la substance en dissolution, ce qui semble indiquer une décomposition profonde du produit.

MINÉRALOGIE. — *Sur la Kasolite, nouveau minéral radioactif.* Note de M. **Alfred Schoep.**

Le minéral qui fait l'objet de cette Note provient de Kasolo (Katanga, Congo belge), localité d'où est tiré son nom. Il se présente en morceaux compacts formés d'agrégats cristallins, à texture saccharoïde, jaune d'ocre et jaune brunâtre. Certains spécimens ont un grain excessivement fin et ressemblent à de l'orpiment massif, jaune à éclat gras. Les morceaux de Kasolite sont recouverts, parfois complètement, de cristaux prismatiques allongés, groupés en touffes ou étalés sous forme d'étoiles. Ces cristaux sont presque tous opaques, jaune d'ocre; quelques uns sont translucides, jaune d'ambre, à éclat résineux. Ces différents aspects sont dus à un commencement de décomposition du minéral et il apparaît clairement que les cristaux les plus limpides sont ceux qui n'ont pas subi d'altération. La poudre de la Kasolite, quel que soit son aspect, est jaune d'ocre. On la trouve à côté de la curite et de la chalcolite, et quelquefois aussi avec d'autres minéraux que je n'ai pas encore pu identifier.

Les cristaux de Kasolite que je possède ne m'ont pas permis de faire des mesures précises; ils atteignent rarement 2^{mm} de longueur sur 1^{mm} de largeur. Je me propose néanmoins d'en donner plus tard une description plus détaillée. Qu'il me suffise de dire dès à présent qu'ils sont monocliniques et que le plan des axes optiques est perpendiculaire au plan de symétrie. La bissectrice aiguë fait, avec le plan d'un clivage très facile, un angle voisin de 90°. Leur indice de réfraction est élevé.

La densité est de 5,962 à 17°C.

La dureté est comprise entre 4 et 5.

Les analyses ont été faites sur des cristaux translucides d'une part, et sur de la Kasolite massive d'autre part. Celle-ci était de deux variétés différentes : l'une I, très pure sans traces visibles d'altération : l'autre II, un peu moins fraîche.

Les résultats de ces analyses sont consignés dans le Tableau ci-après. La colonne C correspond aux cristaux limpides. Il est à noter qu'il a été impossible de les débarrasser entièrement de traces de calcite et de dolomite, visibles au microscope et remplissant les fentes et les angles rentrants de ces cristaux. Le minéral massif, au contraire, en est dépourvu, comme le prouve l'examen de sections microscopiques pratiquées dans les morceaux préparés pour l'analyse chimique.

	I.	II.	C.
SiO^2	9,42	9,14	9,00
PbO	36,20	34,44	32,16
UO^3	49,28	49,00	48,26
H^2O	3,59	3,77	3,28
Fe^2O^3	0,41	0,58	0,40
CaO	0,06	"	"
MgO	0,03	"	"
CO^2	0,85	0,53	"
	99,84		

Il ressort de l'examen de ces chiffres que les différences d'aspect extérieur de la Kasolite ne correspondent pas à des différences notables de composition chimique.

La formule la plus simple et qui, en même temps, rend le mieux cette composition, peut s'écrire :

$$3PbO.3UO^3.3SiO^2.4H^2O.$$

Le minéral est soluble dans l'acide azotique avec formation de silice gélatineuse. La solution est jaune. Il se dissout également bien dans l'acide chlorhydrique et dans l'acide sulfurique avec résidu de silice. Avec l'acide chlorhydrique il se dépose des cristaux de chlorure de plomb, et avec l'acide sulfurique, du sulfate de plomb insoluble.

Le minéral donne de l'eau dans le tube.

Sur le charbon à la flamme oxydante il fond en une masse vitreuse noire avec formation de l'auréole du plomb.

Lorsqu'on le chauffe dans un courant d'air il émet, vers 800°, des vapeurs d'oxyde de plomb.

Sa radioactivité n'est pas aussi élevée que celle de la curite.

MÉTÉOROLOGIE. — *Nouvelles recherches sur les grains orageux en Afrique occidentale.* Note de M. **Henry Hubert.**

Chargé d'assurer, par interim, le fonctionnement de la section de l'hydraulique agricole et de la navigation intérieure à l'Inspection générale des travaux publics de l'Afrique occidentale française, au cours de l'année 1921, je me suis préoccupé de contrôler mes recherches anté-

rieures sur les grains orageux [1]. L'intérêt de cette question n'est d'ailleurs pas d'ordre exclusivement spéculatif, puisque ces grains servent de véhicule aux pluies, au moins à certaines époques de l'année. Les renseignements fournis par 126 stations confirment les conclusions formulées autrefois, et non seulement ces dernières se trouvent ainsi résister à dix ans de contrôle, mais encore elles ont aussi le caractère de généralité qui leur était attribué dès ma première Communication.

Grâce aux chiffres fournis et aux mesures directes résultant de l'utilisation du télégraphe entre Kayes et Dakar, un certain nombre de renseignements antérieurs ont pu être précisés.

a. La direction d'origine des grains varie bien du Nord-Nord-Est au Sud-Sud-Est, mais celle qui a été le plus souvent constatée, sur des trajectoires d'un millier de kilomètres, est voisine de Sud-85°Est, c'est-à-dire très proche de l'Est.

b. La vitesse de translation moyenne est bien de l'ordre de 60^{km} à l'heure. Les chiffres donnés par les mesures directes varient de 49^{km} à 70^{km}, avec une moyenne de 58^{km}, valeur déjà trouvée antérieurement. En une seule circonstance, ces chiffres furent considérablement dépassés, ce fut dans la nuit du 1er au 2 septembre 1921, où la vitesse de translation du grain, mesurée sur une trajectoire de 640^{km}, atteignit 121^{km} à l'heure.

c. Sauf en ce qui concerne les précipitations qui les accompagnent, les grains se présentent avec tous les mêmes caractères en Afrique occidentale. On les a observés : sur 1800^{km} en latitude (de Port-Étienne et Atar au golfe de Guinée); sur 3300^{km} en longitude (Dakar à Nguigmi). On peut du reste tenir pour certain qu'ils se manifestent, à l'Est et au Sud, bien au delà de ces limites.

d. Quoique le cas soit assez rare, la longueur de la ligne de grain peut dépasser un millier de kilomètres. Elle a atteint 1100^{km} le 10 juin 1920, 1200^{km} le 12 août 1921, 1300^{km} le 7 août 1921. Si ces chiffres sont exceptionnels, les longueurs de 500^{km} sont souvent atteintes.

e. La trajectoire parcourue par un même grain peut dépasser 2000^{km}. Les observations faites antérieurement, limitées malgré moi à un champ trop petit, avaient seulement permis d'indiquer que la longueur de la trajectoire pouvait dépasser un millier de kilomètres. Ce chiffre peut largement être doublé. Par exemple, le même grain a pu être suivi depuis les environs

---

(1) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1881; *La Géographie*, 1911, t. 34; *Mission scientifique au Soudan*, 1916; *Bull. Comité d'ét. hist. et sc. de l'A. O. F.*, 1919, n° 2.

du 2° long. est Paris jusqu'au 20° long. ouest Paris (9-11 septembre 1919), soit sur plus de 2400^{km}. Un autre (8-10 août 1921) a été suivi de Zinder à Dakar (2840^{km}) et a certainement eu une trajectoire plus longue que la distance séparant ces deux points.

e. Les dimensions du nuage de grain sont essentiellement variables; le maximum donné précédemment (un millier de kilomètres) paraît rarement dépassé.

f. Quant à la façon dont est réparti le grain en projection horizontale, on peut distinguer trois types différents :

1° Le plus simple, le plus net, est constitué par une ligne de grain plus ou moins rectiligne, d'étendue variable, suivie d'un nuage de grain très étroit. Le météore traverse une zone remarquablement calme, aussi bien avant qu'après son passage. Ce type de grain se manifeste surtout au début et à la fin de l'hivernage.

2° Un type déjà plus complexe est celui caractérisé par le passage successif de plusieurs lignes de grain (jusqu'à 3 en 11 heures, le 6 août 1921, à Dakar), avec des intervalles de calme et de soleil. Chacun de ces grains a bien son individualité propre, et, comme je l'ai signalé d'autre part, les pluies correspondant à chacun d'eux se manifestent le plus souvent dans des localités différentes. On observe surtout cette succession de grains dans une période assez avancée de l'hivernage.

3° C'est également au milieu de la saison des pluies que se place le troisième type de grain. Il est caractérisé par des manifestations orageuses, chacune de faible durée, se produisant à des intervalles assez rapprochés et répartis d'une façon assez irrégulière, en apparence, sur des espaces considérables.

Si l'on ne considère que la survente caractéristique, on peut dire qu'il s'agit de grains indépendants, très voisins et très localisés (c'est en somme l'exagération du type précédent). Mais par contre cet ensemble de grains forme bloc et souvent la masse nuageuse véhiculée leur est commune. Il y a même continuité des précipitations dans la partie centrale du nuage commun, tandis qu'au Nord et au Sud les apparences sont pour qu'il y ait des grains différents. Cet état de choses traduit en réalité un déséquilibre général de l'atmosphère dans une zone considérable.

g. Il apparaît de plus en plus que, du moins dans les régions soudanaises, les grains s'élaborent *lentement* dans le plan horizontal situé à la limite commune de la mousson et de l'harmattan. Ils s'entretiennent en cours de

route. Ils se désagrègent aussi peu à peu, suivant les obstacles qu'ils rencontrent : les plus puissants de ceux-ci étant des courants aériens.

h. L'abaissement de température provoqué par le passage du grain peut dépasser 10° (12°,5 le 7 septembre 1921 à Dakar).

i. Pour des localités comme Dakar, la prévision des grains orageux pourrait avoir lieu, dans certains cas, 48 heures à l'avance. Des essais réalisés sur une trajectoire de 640^{km} (Kayes-Dakar), ce qui permet une prévision d'une dizaine d'heures, ont donné des résultats positifs dans la proportion du tiers. Mais il faut noter que, pour plus de sécurité, ces essais ne portaient que sur des orages accompagnés d'averses et passant exactement au-dessus des points d'observation. S'ils avaient porté sur le passage des lignes de grain, comme on devra le faire par la suite, la proportion des résultats positifs eût été au moins de 80 pour 100.

BOTANIQUE. — *Sur la cytologie de deux bactéries.*

Note [1] de M. **Albert Petit**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nous avons étudié la structure de deux Bactériacées : l'une est un nouveau bacille, de grandes dimensions, isolé du suintement muqueux d'un marronnier; l'autre est une bactérie filamenteuse, trouvée dans des conduites d'eau. Nous résumerons ici nos résultats.

I. Le bacille présente les caractères suivants : corps en bâtonnet, de $1^{\mu},5$-2^{μ} de large sur 3^{μ}-7^{μ} de long; la moyenne est de 2^{μ} sur 4^{μ}; membrane épaisse, bien visible sur le vivant (*fig.* 6); le contenu cellulaire renferme de nombreuses granulations réfringentes; les individus sont isolés ou groupés en chaînettes; ils sont immobiles (pas de cils). Ne prend pas le Gram dans les conditions ordinaires. Les colonies sur carotte ou sur moût gélosé sont blanches et homogènes.

a. Pendant les premières heures du développement. — Les bacilles examinés *in vivo* sont en voie d'active division; les cellules qui viennent de se diviser sont souvent presque sphériques; elles ont l'aspect d'une masse homogène. Les cellules fixées, contractées par les réactifs, sont uniformément colorées, avec une teinte plus ou moins accentuée. Aucune structure n'est visible (*fig.* 1). On observe, dans certains éléments en division, la formation de la cloison transversale aux dépens d'un granule fortement coloré par l'hématoxyline; ce processus correspond sans doute à celui décrit par Guilliermond dans la division du *Bacillus mycoides*.

---

(1) Séance du 19 décembre 1921.

b. Après seize heures de développement. — *In vivo*, on note, même bien avant ce moment, l'apparition, dans la cellule, de nombreuses granulations, dont il est difficile de préciser la nature. Quand une cellule se divise, ces grains, d'ailleurs irrégulièrement disposés, se répartissent avec uniformité dans chaque cellule fille (*fig.* 6).

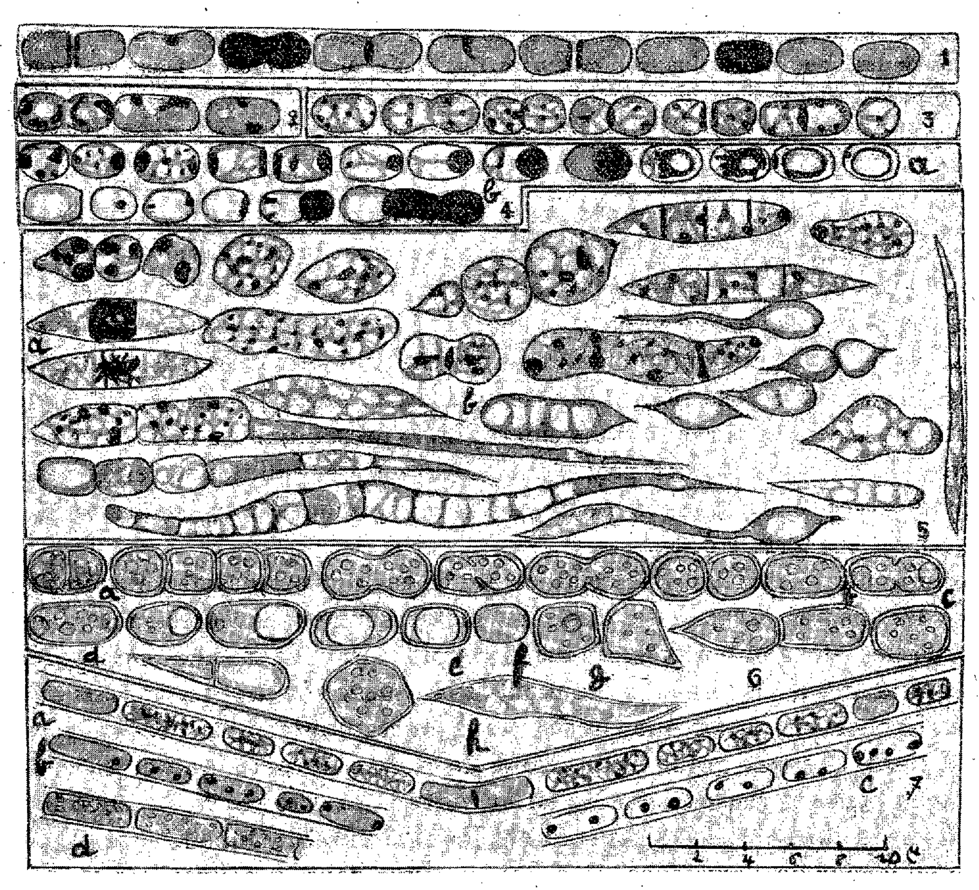


Fig. 1, 2, 3. Bacille fixé et coloré, aux divers stades de son développement. — Fig. 4, ligne *a*. Formation de la spore dans le bacille fixé et coloré. — Fig. 4, ligne *b*. Germination de la spore. — Fig. 5. Formes d'involution du bacille fixé et coloré. — Fig. 6. Divers aspects du bacille observé *in vivo*; de *a* à *b*, cellules végétatives banales, avec figures de division; *f*, sporei solée; *g*, *h*, formes d'involution. — Fig. 7. Bactérie filamenteuse.

Fixés et colorés, les bacilles offrent à ce moment un protoplasme à structure alvéolaire évidente. Ce dernier se teint en gris violet par l'hématoxyline, en rose par l'érythrosine; il renferme dans ses mailles des granulations que colore intensément l'hématoxyline (*fig.* 3). Il n'est pas certain qu'elles correspondent aux grains observés *in vivo*, car elles paraissent un peu plus petites. Les vacuoles ont grandi. La membrane transversale des cellules en voie de division est bien visible à cause de sa forme lenticulaire. Entre l'état de coloration uniforme et l'aspect que nous décrivons, tous les intermédiaires existent (*fig.* 2).

c. Formes d'involution. — Dans les vieilles cultures, on observe des cellules, de taille variable, mais dont la forme est, en général, celle d'un fuseau très allongé. *In vivo*, on les voit remplies de granulations semblables à celles des éléments jeunes (*fig.* 6 de *g* à *h*), ainsi que de grosses inclusions, ayant l'allure de vacuoles, et occupant parfois presque tout le corps du bacille (*fig.* 6 *h*). Après fixation et coloration (*fig.* 5), on observe la même structure alvéolaire que dans les formes normales; mais les vacuoles sont bien plus volumineuses que dans ces dernières. Dans quelques cellules, les granulations chromophiles paraissent se condenser en une masse nucléiforme centrale (*fig.* 5 *a*). D'autres ne renferment plus de grains colorables : ce sont des formes dégénérées (*fig.* 5 *b*).

II. Nous avons encore étudié une Bactérie caractérisée par un thalle formé de longs filaments non ramifiés, larges de 1^{μ}. Observées sur le vivant, les cellules se montrent remplies de très fines et nombreuses granulations (*fig.* 7 *d*). Il ne se forme jamais de spores. Après fixation et coloration, on observe des cellules ayant une teinte uniforme et d'autres dans lesquelles le cytoplasme est creusé d'alvéoles; le réticulum protoplasmique, très fin, renferme alors des granulations sidérophiles présentant les mêmes caractères que celles du Bacille précédent (*fig.* 7 *a*). Les cellules ne renferment pas de glycogène; mais on peut y déceler quelques corpuscules métachromatiques (*fig.* 7 *b*, *c*).

Ainsi, dans les deux Bactériacées étudiées, le protoplasme se présente avec les mêmes caractères : c'est une masse spumeuse, renfermant, dans ses mailles, de nombreux grains sidérophiles. Dans le Bacille endosporé, ces granulations disparaissent pendant la croissance de la spore, tandis que se différencie un corps nucléiforme; on pourrait interpréter ces faits en admettant que ces granulations sont de nature chromatique et se condensent pendant la sporogenèse en un noyau transitoire. Nos recherches confirment ainsi celles de Schaudinn, Guilliermond, Dobell, etc.; elles sont en faveur de l'existence d'un noyau diffus dans la cellule des Bactériacées.

BOTANIQUE. — *Nouvelles recherches sur les greffes d'*Helianthus. Note [1] de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Quand on greffe le Grand Soleil, qui est annuel et ne fabrique pas d'inuline, sur un autre *Helianthus*, élaborant de l'inuline et vivace par ses tubercules, la tuberculisation s'effectue, mais elle varie suivant la hauteur

(1) Séance du 19 décembre 1921.

à laquelle la greffe est faite et suivant les échantillons. L'inuline est arrêtée au niveau du bourrelet chez ces sortes de greffes. Récemment, M. H. Colin et Mlle Y. Trouard-Riolle ont confirmé ces faits, et, après avoir désigné sous le nom de *greffes totales* des greffes qui étaient faites à $0^m,80$ du sol, ils ont conclu que le Topinambour *affirme son autonomie en fabriquant de l'inuline exclusivement ou presque avec les matériaux dextrogyres fournis par le Grand Soleil.* J'ai montré, dans une précédente Note et dans un Mémoire plus étendu (¹), l'exagération de ces conclusions. On ne peut appeler greffes totales des symbioses dans lesquelles l'hypobiote, possédant $0^m,80$ de tige verte, assimile pour son propre compte et ne fabrique de l'inuline par lui-même (²). Je l'ai prouvé en décapitant des Topinambours à des hauteurs variées, maintenus vivants à l'aide de quelques feuilles d'appel; ceux-ci se tuberculisent et la valeur des réserves est fonction de la longueur de la tige ainsi que du nombre et de la valeur fonctionnelle des feuilles qu'on leur laisse; par ailleurs, j'ai montré expérimentalement que la tuberculisation n'était point sensiblement proportionnelle au volume et aux poids de l'appareil végétatif du Grand Soleil, comme cela aurait dû être si celui-ci commandait seul la fonction de réserve du Topinambour.

J'ai repris, cette année, ces expériences et j'en ai fait de nouvelles. J'ai greffé le Grand Soleil sur le Topinambour et sur le Petit Soleil vivace, au voisinage du sol. L'hypobiote, bien que très réduit comme dans mes expériences antérieures, a donné des tubercules, mais de poids très inférieur à ceux des témoins. Tandis que, chez ceux-ci, les poids des tubercules variaient entre $4^{kg},620$ et $6^{kg},820$, ces poids oscillaient entre 12^g et 310^g, chez les Topinambours portant des Soleils; entre 289^g et 655^g, chez les Topinambours portant des *Helianthus orgyalis;* entre 35^g et 247^g, chez les *Helianthus multiflorus* portant des Soleils annuels. Ceci démontre de la façon

(¹) LUCIEN DANIEL, *Comptes rendus*, 1920, et *Le greffage, sa théorie et ses applications rationnelles* (*Bulletin de la Direction des recherches et inventions*, Paris, août 1921).

(²) A propos du reproche qui m'a été fait (*Comptes rendus*, 1921), d'ignorer qne les cellules chlorophylliennes du Topinambour ne contiennent pas d'inuline, mais seulement les cellules incolores, je ferai remarquer que j'ai signalé, cinq ans avant Vöchting (1894), qu'il en est ainsi dans les bractées de l'involucre des Composées à inuline (*C. R. Soc. Biol.*, 9 mars 1889), et j'ai cité sous ce rapport l'involucre des *Helianthus* dans ma thèse (1890). J'ai également, le premier, trois ans avant Vöchting, indiqué l'arrêt de l'inuline au niveau du bourrelet (*Comptes rendus*, 1891), dans les greffes de Composées dont l'une fabrique de l'innline et dont l'autre n'en fabrique pas.

la plus nette que, comme je l'ai déjà indiqué, la greffe entrave considérablement la fonction de réserve.

Il était intéressant de rechercher si celle-ci se comporte de la même façon chez les Topinambours greffés et chez les exemplaires autonomes. J'ai trouvé, en divisant le poids des tubercules par le poids de l'appareil aérien, le 18 novembre, au moment de la maturité complète des témoins, que 1 gramme d'appareil végétatif a fourni chez les douze témoins en expérience, 478, 487, 698, 576, 662, 500, 465, 675, 378, 450, 567, 477 et 457 centigrammes de tubercules; les variations, suivant les exemplaires, ne vont pas même du simple au double. Quatre greffes de Grand Soleil sur Topinambour, faites en 1921, m'ont donné, par le même calcul, 105, 57, 303 et 34 centigrammes de tubercules pour 1 gramme d'épibiotes, récoltés le même 18 novembre, ce qui représente une variation de 1 à 8 au moins. Cela montre que l'appareil végétatif du Soleil annuel, qui est sec quand le Topinambour normal fournit ses tubercules sous le climat de Rennes, ne se comporte point à la façon de l'appareil végétatif du Topinambour et ne peut être considéré comme l'agent unique de la mise en réserve dans les greffes en question.

D'autres chiffres sont aussi démonstratifs, 18 greffes d'*Helianthus annuus sur Helianthus multiflorus* ont donné pour 1 gramme d'épibiote 35, 30, 32, 30, 18, 25, 37, 20, 20, 50, 20, 60, 14, 32, 24, 72, 68 et 41 centigrammes de tubercules, soit une variation de 1 à 5 au maximum, ce qui est également considérable et montre encore que l'épibiote n'est pas ici seul responsable de mise en réserve, car la valeur maxima de celle-ci ne correspond pas aux poids et aux volumes les plus élevés d'épibiote. Si l'on prend maintenant des greffes d'*Helianthus orgyalis*, espèce vivace et à cycle de développement voisin du Topinambour, faites sur Topinambour à tubercules blancs et sur une autre variété à tubercules violets, on trouve pour 1 gramme d'épibiote, les chiffres suivants comme poids des tubercules : 258, 192, 182, 262, 372 et 198 centigrammes chez la première variété et 478, 388 et 341 centigrammes chez la seconde qui, comme valeur fonctionnelle et régularité, se rapproche plus encore du franc de pied que la première. Donc la mise en réserve, comme je l'ai déjà indiqué, est toute différente chez les greffes à épibiote ne fabriquant pas d'inuline et chez celles dont l'épibiote et l'hypobiote en élabore simultanément.

On pourrait croire, dans ces conditions, que l'hypobiote seul joue un rôle dans la tuberculisation. Les chiffres suivants, qui correspondent aux quantités de réserves rapportées à 1 gramme d'hypobiote privé de ses tubercules, montrent qu'il n'en est pas ainsi, pas plus pour le Topinambour que

pour l'*Helianthus multiflorus*. Chez les 4 greffes de Soleil sur Topinambour faites en 1921, j'ai trouvé : 660, 179, 885 et 40 centigrammes de tubercules pour 1 gramme d'hypobiote; chez les 18 greffes d'*Helianthus multiflorus* et de Soleil : 368, 131, 187, 140, 112, 204, 174, 165, 183, 218, 134, 188, 128, 217, 171, 300, 560 et 380 centigrammes, quand les greffes d'*Helianthus orgyalis* sur Topinambour donnaient 451, 375, 405, 698, 591 et 416 centigrammes d'une part; 642, 954 et 830 centigrammes de l'autre. Ici encore les variations sont d'autant plus considérables que le mode de vie est plus différent entre les deux associés.

J'ai fait des greffes inverses de Topinambour sur Grand Soleil. Celui-ci a pris un développement et un poids considérables (6^{kg},285); il s'est fortement durci, transformant en cellulose lignifiée la lévulose tirée de son épibiote. Le Topinambour a donné plus de 100^{g} de Tubercules aériens de couleur rouge violacé, sessiles ou situés à l'extrémité de rameaux horizontaux ou recourbés en dessous; dans ses capitules, j'ai récolté 36 akènes contenant des graines parfaitement constituées. Rien de semblable n'existe dans les Soleils et les Topinambours autonomes.

BOTANIQUE. — *Contribution à l'étude cytologique du sporange chez les Fougères.* Note (¹) de M. **Louis Emberger**, transmise par M. Flahault.

On sait depuis longtemps que le sporange des Fougères prend naissance aux dépens d'une cellule épidermique. Les divers auteurs n'ont donné aucun renseignement sur les caractères cytologiques de cette cellule, ayant toujours envisagé la question du point de vue purement anatomique. Les études cytologiques que nous avons entreprises depuis plusieurs années ont fait connaître les processus cytologiques de la formation du sporange; nos dernières recherches nous ont permis d'observer les attitudes fonctionnelles de la cellule épidermique qui lui donne naissance.

Une coupe à travers une très jeune feuille de Fougère (Polypodiacées) traitée par les méthodes mitochondriales, nous montre un parenchyme composé de cellules bien différenciées. Les indusies, dès qu'elles apparaissent, sont figurées par des appendices très courts à cellules de même constitution. Ces cellules ont toutes un petit noyau, un cytoplasme rempli de grosses vacuoles renfermant des composés phénoliques sous forme de pré-

(¹) Séance du 19 décembre 1921.

cipité. Le chondriome est formé par des mitochondries en grains et bâtonnets et des chloroplastes typiques contenant des grains d'amidon composés.

A mesure que les feuilles sont plus développées, on constate une invagination progressive du parenchyme aux endroits où se forment les sporanges; les cellules épidermiques situées au fond des cryptes subissent des transformations profondes.

Le cytoplasme augmente en même temps que les composés phénoliques se résorbent, ce qui amène une rétraction considérable des vacuoles désormais petites. En même temps les chloroplastes si volumineux perdent leur amidon, prennent un aspect fusiforme et se divisent activement comme les cellules elles-mêmes. Ainsi se forment les cellules qui deviendront chacune un sporange. Transformées de la sorte, ces cellules épidermiques présentent des caractères de cellules embryonnaires. C'est seulement lorsqu'elles sont ainsi modifiées qu'elles peuvent procéder à la formation des sporanges : Celle-ci a lieu aussitôt après. Ces phénomènes s'accentuent d'ailleurs pendant la genèse du sporange; dans les cellules qui se forment, les petits chloroplastes en fuseaux ou en bâtonnets perdent leur chlorophylle comme nous l'avons démontré [1], et prennent l'aspect de mitochondries typiques.

Ces observations montrent donc que les chloroplastes paraissent représenter simplement des mitochondries chargées de chlorophylle, c'est-à-dire des mitochondries en activité. Dans les stades embryonnaires, ils redeviennent des mitochondries typiques, autrement dit, ils sont à l'état de repos, puis se chargent de chlorophylle. Ils prennent, dans les cellules adultes, l'aspect caractéristique de chloroplastes; ceux-ci sont capables ensuite de perdre de nouveau leur chlorophylle à des stades déterminés et de reprendre l'allure de mitochondries typiques. Il y a donc réversibilité entre les deux formes. Ces observations nous ont permis de donner un schéma complet de l'évolution des chloroplastes au cours du développement des Fougères.

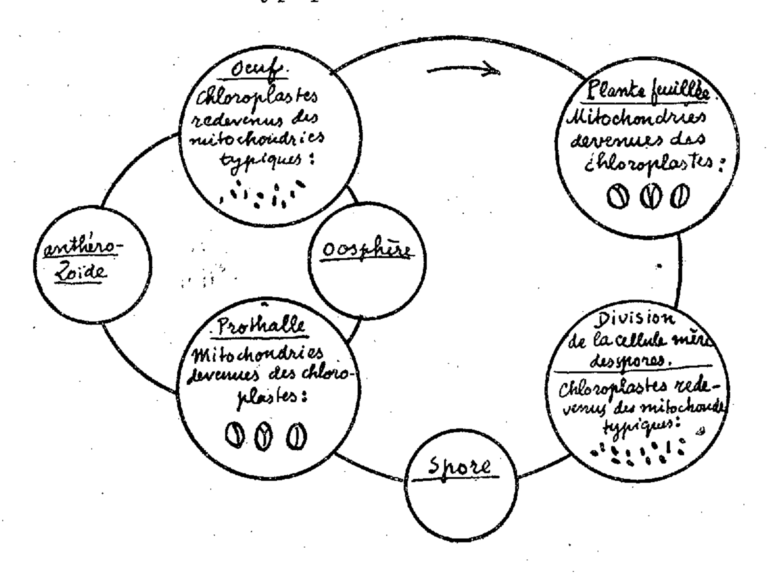
Le cycle évolutif d'une Fougère comprend deux périodes de réversibilité : l'une commence au moment de la division de la cellule mère des spores en jeunes spores, stade pendant lequel les chloroplastes ont perdu leur chlorophylle et sont à l'état de mitochondries typiques; elle se termine pendant le développement de l'œuf; l'autre va de l'œuf fécondé à la sporogénèse où les chloroplastes redeviennent des mitochondries typiques.

Il est curieux de constater que les deux générations sont marquées cha-

---

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 469.

cune par un arrêt momentané de l'activité des chloroplastes et par le retour à la forme mitochondriale typique caractéristique de leur état de repos.



En résumé, ces observations démontrent que les cellules épidermiques des Fougères doivent subir des modifications profondes pour arriver à former un sporange. Ces modifications consistent en un *rajeunissement.* Elles démontrent en outre qu'un chloroplaste, même très différencié, peut revenir à l'état de mitochondrie dans les périodes de repos fonctionnel. Enfin, elles infirment chez les Fougères, au moins sur ce point, la théorie de la continuité du plasma germinatif de Sachs.

AÉRONAUTIQUE. — *L'adaptation automatique de l'angle d'attaque du vol chez les organismes vivants* (*étude sur le mécanisme du vol naturel*). Note de M. **Boel**, présentée par M. Charles Richet.

Il a été démontré que, dans le vol, le centre de pression sur un plan ou sur une aile se déplace à mesure que varie l'angle d'attaque de cette aile.

Autrement dit :

a. A chaque incidence d'une aile correspond une position déterminée du centre de pression;

b. A chaque position du centre de pression sur une aile correspond une incidence de cette aile (parfois deux).

Ainsi, *un plan, libre autour d'un axe et soumis à la résistance de l'air*

adoptera un angle d'attaque tel que la résultante de la résistance de l'air passe par cet axe.

Ce principe n'est autre chose que l'expression, dans un cas particulier, de l'une des conditions générales d'équilibre des corps (somme des moments par rapport à un axe égal à zéro).

Examinons, à ce point de vue, l'aile des insectes, la plume et l'aile des oiseaux, l'aile même de certaines graines.

Chez la mouche, par exemple, l'aile est constituée par une nervure avant, reliée au corps de l'insecte par un organe appelé *os sigmoïde;* cette nervure est munie d'un voile parcouru par plusieurs autres nervures.

L'une de ces dernières est particulièrement remarquable par ses dimensions et surtout par sa position dans l'aile, très rapprochée du bord d'attaque et parallèle à celui-ci. C'est sur cette nervure que l'insecte applique l'effort moteur et c'est elle qui, par sa position, impose à l'aile un angle d'attaque invariable.

Une mouche s'envole même si les bords d'attaque ou les os sigmoïdes ont été tranchés. Par contre, elle bat encore des ailes et ne vole plus si le voile en avant de la nervure motrice est enlevé. En effet, l'angle d'attaque est alors réduit à zéro (cas de la girouette) et sur l'aile n'apparaît aucune résultante de la résistance de l'air utilisable.

Normalement, pour voler, l'insecte anime la nervure de ses ailes de battements ou vibrations plus ou moins rapides, dans un plan dont il est libre de choisir la position. Dans tous les cas, l'extrémité de l'aile décrira la trajectoire en huit remarquée par Marey.

Si le plan de battement est vertical, l'angle d'attaque de l'aile étant très petit, la résultante de la résistance de l'air donnera à tous les points de la trajectoire (les points morts, hauts et bas exceptés) une composante horizontale propulsive, la composante verticale alternativement positive et négative n'ayant qu'une valeur négligeable.

Si le plan de battement est horizontal, l'aile présentera automatiquement et alternativement sa face ventrale et sa face dorsale à la résistance de l'air, retournement que Pettigrew a remarqué et qu'il considère comme volontaire (ce qui est une erreur).

Avec un tel plan de battement, la composante principale de la résistance de l'air sera toujours verticale et positive, tant à l'aller qu'au retour.

Le changement de l'inclinaison du plan de battement de ses ailes, sur l'horizon, permet ainsi à l'insecte d'adopter toutes les allures comprises entre le vol horizontal et vertical.

Certaines espèces d'insectes ont des ailes munies de deux nervures motrices qui donnent à l'animal la faculté de choisir, suivant les circonstances, entre deux angles différents.

En résumé, la plupart des espèces d'insectes, capables de voler, ont leurs ailes constituées de telle façon qu'une fois en mouvement elles adoptent sur leur trajectoire un angle d'attaque invariable déterminé par la position de la nervure motrice. Cette faculté, jointe à celle de pouvoir choisir l'angle du plan de battement des ailes sur l'horizon, permet aux insectes de pratiquer toute la variété des allures que nous observons chez eux. Deux ordres seulement, les coléoptères et les hyménoptères, paraissent faire exception à cette règle.

Chez les oiseaux, parmi les trois espèces de rémiges qui constituent la partie principale des ailes, les rémiges primaires sont les plus intéressantes. Elles sont constituées par une nervure ou rachis, munie de petites barbes vers l'avant, de grandes barbes vers l'arrière. La position du rachis impose à la plume soumise à la résistance de l'air, un angle d'attaque invariable.

Chez les petits oiseaux à battements rapides, Marey a remarqué que les rémiges primaires, pendant la remontée de l'aile, se séparent comme les lames d'une persienne. Ce mouvement est provoqué automatiquement par le déplacement du centre de pression et il assure la propulsion de l'oiseau, comme le battement dans un plan vertical d'une aile d'insecte.

Chez les rameurs lents, l'oiseau n'utilise plus ce phénomène que dans des cas exceptionnels. En vol, comme Noguès l'a observé, l'angle d'attaque de l'aile est constamment positif; grand pendant la partie active du mouvement; petit pendant la partie passive et, dans tous les cas, déterminé par la position relative du bord d'attaque de l'aile et de l'axe qui passe par ce qu'on peut appeler les épaules. L'oiseau modifie donc son angle d'attaque grâce à des mouvements très simples de la main dans le plan de l'aile, mouvements qui, combinés avec les mouvements du bras, impriment à l'extrémité de l'aile la trajectoire en ellipse décrite par Marey.

Chez les végétaux, certaines graines appelées samarres, par exemple les fruits de l'orme, de la zanonia, de l'érable, sont munies d'une aile. La samarre de l'érable est particulièrement curieuse. Abandonnée à l'air, elle tombe en tournant avec une vitesse de chute très réduite.

En examinant cet appareil de près, on remarque que l'aile est munie au bord d'attaque d'une nervure relativement pesante. Cette nervure a pour effet de ramener près du bord le lieu des centres de gravité de tous les éléments transversaux de l'aile.

Dans chaque élément, ce centre de gravité est précisément le point sur lequel s'applique la force motrice, en l'occurence la pesanteur. La position relative de ce point dans l'élément impose à celui-ci, une fois soumis à la résistance de l'air, un petit angle d'attaque et, par voie de conséquence, imprime à chaque élément en particulier et à leur ensemble, c'est-à-dire à l'aile, le mouvement de rotation qui caractérise la chute de la samarre de l'érable.

Une samarre en papier simplement lestée à une extrémité tombe comme un projectile quelconque empenné.

Le même appareil muni d'une épingle le long du bord d'attaque tourne comme la samarre de l'érable.

A remarquer que les samarres tant artificielles que naturelles ont des ailes planes et que rien d'autre que la position du lieu des centres de gravité ne peut expliquer le mouvement qu'elles adoptent en tombant.

Cette expérience vérifie la théorie. De même en manœuvrant une rémige d'oiseau tenue en main, alternativement de haut en bas ou de gauche à droite, on peut reproduire les phénomènes invoqués plus haut pour expliquer le mécanisme du vol.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Micro-analyse quantitative gravimétrique de l'urée. Application au dosage de l'urée dans* 1^{cm^3} *de sang*. Note [1] de MM. **Maurice Nicloux** et **Georges Welter**, présentée par M. Widal.

On doit à R. Fosse d'avoir fait connaître que le xanthydrol (diphénopyranol) précipite l'urée en milieu acétique à l'état de dixanthylurée dont le poids moléculaire (420) est sept fois le poids moléculaire (60) de la carbamide elle-même. Dans une série de travaux publiés aux *Comptes rendus* [2], cet auteur a étudié cette réaction dans tous ses détails et en a donné de nombreuses applications à la biologie; il a montré, notamment, qu'elle n'est fournie par aucun des nombreux corps azotés de l'organisme, de telle sorte que le dosage de l'urée par pesée au moyen du xanthydrol est à la fois spécifique et remarquablement précis. Il est toutefois nécessaire, lorsqu'il s'agit de sérum sanguin normal, et dans les conditions ordinaires

(1) Séance du 19 décembre 1921.

(2) Années 1912, 1913, 1914, 1919 [voir particulièrement dans le Tome 159 (1914) ce qui concerne le dosage de l'urée dans le sang].

des pesées de laboratoire (balance au $\frac{1}{10}$ de milligramme), d'opérer sur 20^{cm^3} de sérum pour que l'erreur relative ne dépasse pas 5 pour 100.

Nous avons appliqué les micro-méthodes de Pregl (¹) au dosage gravimétrique de l'urée, tout d'abord en solution aqueuse, et ensuite, les résultats ayant été remarquablement satisfaisants, dans le sang lui-même.

Dosage de l'urée pure. — Nous nous sommes adressés à des solutions titrées d'urée pure en renfermant $0^{mg},2$, $0^{mg},1$, $0^{mg},05$ par centimètre cube.

A 1^{cm^3} de ces solutions, placé dans une petite capsule de verre, on ajoute 1^{cm^3} d'acide acétique cristallisable (le même volume), puis $0^{cm^3},2$ d'une solution de xanthydrol à 5 pour 100 dans l'alcool méthylique. Après 5 minutes, on agite le liquide trouble avec une petite baguette de verre, pour provoquer la floculation du précipité et on laisse au contact 30 minutes.

La filtration se fait à travers un micro-creuset de Neubauer monté, comme un creuset de Gooch, sur une fiole conique. Après avoir fait passer le précipité dans le creuset, au moyen d'alcool saturé de xanthylurée, on lave alternativement (deux fois) à l'alcool et l'eau saturés de xanthylurée; on termine par deux gouttes d'eau distillée. On dessèche 30 minutes à 105°-110°, sur un petit bloc de cuivre chauffé par un microbrûleur et recouvert d'une capsule de verre renversée, formant étuve, dont le fond percé permet l'évaporation. Puis on pèse : le poids obtenu divisé par 7 donne l'urée (²).

Voici les résultats :

Solution d'urée.					
Volume employé.	Quantité d'urée.	Acide acétique cristallisable.	Durée de contact avant la filtration.	Xanthylurée.	Urée retrouvée.
cm³	mg	cm³	m	mg	mg
1	0,20	1	30	1,420	0,203
1	0,20	1	30	1,406	0,201
1	0,10	1	30	0,715	0,102
1	0,05	1	30	0,361	0,052
2	0,40	2	60	2,798	0,3997

Pour des quantités d'urée ne dépassant pas $0^{mg},2$ par centimètre cube la précipitation est totale en 30 minutes.

Dosage de l'urée dans le sérum. — On opérera sur 1^{cm^3}, $0^{cm^3},5$ ou même $0^{cm^3},3$ de sérum. On ajoute 5 fois le volume d'eau distillée, puis un volume de réactif de Tanret égal au volume du sérum; le volume total est ainsi égal à 7 fois le volume initial du sérum. On attend 5 minutes et filtre sur un très petit filtre à plis, on recueille ainsi,

(¹) F. Pregl, *Die quantitative organische Mikroanalyse*, 1 vol. in-8°, 189 pages, 38 figures, Springer, Berlin, 1917.

(²) La balance employée est celle de Kuhlmann qui peut peser 20^{g} au millième de milligramme. Les détails de la technique qui sont importants seront indiqués dans le Mémoire d'ensemble qui paraîtra dans un autre Recueil.

suivant le volume du sérum dont on est parti, 4^{cm^3} à 5^{cm^3}, 2^{cm^3} à $2^{cm^3},5$, ou un peu plus de 1^{cm^3} de filtrat. *Dans tous les cas* on prend de ce dernier 1^{cm^3} que l'on traite par l'acide acétique et le xanthydrol comme il vient d'être dit pour l'urée pure. On attend 30 minutes, on filtre et l'on pèse également comme plus haut.

Remarquons : 1° que, quelle que soit la quantité de sérum employé, le dosage se fait sur la même quantité *absolue* d'urée; 2° que le sérum initial étant toujours dilué au $\frac{1}{7}$, le poids de xanthylurée (égal à 7 fois le poids de l'urée) donne immédiatement, sans calcul, le poids d'urée par centimètre cube de sérum.

Nous avons opéré sur le sérum de mouton, de bœuf, de cheval, en faisant précéder nos micro-analyses d'un macro-dosage sur 20^{cm^3} de même sérum. Voici les résultats :

Sérum. Nature et volume employé.	Défécation.			Dosage.		
	Eau distillée.	Réactif de Tanret.	Volume total.	Volume de filtrat employé.	Poids de xanthylurée.	Urée par cm³.
			Bœuf.			
cm³	cm³	cm³	cm³	cm³	mg	mg
20........	0	20	40	20	28,9	0,413
1........	5	1	7	1	0,414	0,414
0,5.......	2,5	0,5	3,5	1	0,400	0,40
0,3......	1,5	0,3	2,1	1	0,411	0,41
			Cheval.			
20.......	0	20	40	20	21,2	0,303
1.......	5	1	7	1	0,295	0,295
				2	0,588	0,294
			Mouton.			
20.......	0	20	40	20	41,6	0,594
1.......	5	1	7	2	1,219	0,608
0,5....	2,5	0,5	3,5	1	0,585	0,585
0,3....	1,5	0,3	2,1	1	0,585	0,585

L'erreur relative, on le voit, ne dépasse pas 2 à 3 pour 100; l'erreur absolue est de l'ordre de $0^{mg},01$ par centimètre cube de sérum.

Ces expériences déjà démonstratives suffiraient à justifier la méthode; nous les avons néanmoins complétées en dosant l'urée surajoutée à un sérum dont on connaissait la teneur en urée.

Le sérum employé était le sérum de bœuf des expériences précédentes; il renfermait $0^{mg},41$ d'urée par centimètre cube; il a été additionné d'urée de telle sorte qu'il en renferme $0^{mg},99$; $1^{mg},514$; $2^{mg},548$ par centimètre cube. Sur chacun de ces échantillons

on a fait l'analyse, en triple, sur respectivement 1^{cm^3}; $0^{cm^3},5$; $0^{cm^3},3$. On a trouvé :

Premier échantillon........	0,985;	0,986;	0,97	au lieu de	**0,99**
Deuxième échantillon.......	1,528;	1,517;	1,497	»	**1,514**
Troisième échantillon......	2,624;	2,521;	2,601	»	**2,548**

Tels sont nos résultats. Ils sont dans leur ensemble absolument satisfaisants. Ce micro-dosage de l'urée est un bel exemple de ce que l'on peut attendre, de ce que l'on est en droit d'obtenir des micro-méthodes gravimétriques, qui s'imposeront à n'en pas douter très prochainement, dans toute étude délicate de biologie expérimentale.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Attaque du glucose et du lévulose par le bacille pyocyanique.* Note de M. **E. Aubel**, présentée par M. Charles Richet.

Pour étudier l'action du bacille pyocyanique sur les deux hexoses, nous nous sommes servis du milieu suivant :

NH^4Cl..	2 g
Hexose..	5
Phosphate monopotassique.......................	1
SO^4Mg..	1
Eau..	1000

Nous éliminons ainsi la possibilité de produits organiques provenant du métabolisme de la source d'azote.

Le liquide de culture a été traité suivant la technique indiquée dans une Note précédente (1).

Résultats. — 1° *Glucose.*

a. Acides fixes. — Résultats négatifs.

b. Acides volatils. — Il a été mis en évidence, par la méthode de Duclaux, de l'acide formique (1 partie) et de l'acide acétique (2 parties).

c. Autres substances volatiles. — Le distillat en milieu alcalin présentait la réaction de l'iodoforme. Réactions de Legal et de Lewin négatives. Nous avons conclu à la présence d'alcool éthylique.

2° *Lévulose.*

a. Acides fixes. — L'extrait éthéré abandonne un résidu sirupeux présentant les réactions de Berg et de Hopkins. Il s'agit d'acide lactique ainsi que le montre l'analyse du sel de zinc.

(1) E. Aubel, *Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 179.

b. Produits volatils. — Ce sont ceux obtenus avec le glucose : acides formique et acétique. Alcool éthylique.

DÉGRADATION DES DEUX HEXOSES. — Nous avons rencontré constamment dans les cultures sur les deux sucres l'alcool, l'acide acétique et l'acide formique. L'acide lactique a été isolé des produits fixes provenant du dédoublement du lévulose. C'est un produit de déchet : les essais de culture sur milieu lactate de Na + NH^4Cl + sels ont été négatifs. Cet acide est pourtant intéressant comme témoin, sa présence ne pouvant s'expliquer que par une formation préalable de méthylglyoxal ; et, en fait, l'ensemencement du pyocyanique sur milieu au méthylglyoxal donne un résidu éthéré présentant la réaction de Hopkins.

L'origine de l'alcool et de l'acide acétique doit être cherchée dans le méthylglyoxal ou plutôt un de ses dérivés qui ne sera pas l'acide lactique, inutilisé. Nous avons pensé à l'acide pyruvique. Bien que nous n'ayons pas pu isoler ce corps, son existence transitoire dans les cultures est rendue possible par le fait que le microbe pousse sur un milieu pyruvate de Na + NH^4Cl + sels en formant de l'alcool et des acides : formique, acétique, lactique. Ici le pyocyanique, contrairement à certains microbes bien étudiés par Mazé, fait de l'acide lactique aux dépens de l'acide pyruvique. Ceci n'a rien d'étonnant, la réaction acide lactique → acide pyruvique pouvant être, comme cela a lieu dans l'organisme animal, réversible. Suivant la théorie de Neuberg, l'acide pyruvique donne alors de l'acétaldéhyde. La présence de ce corps a été décelée par nous dans une série de cultures sur glucose en milieu sulfité. Le fait que l'acétaldéhyde se rencontre dans nos cultures sur glucose vient d'une part à l'appui de l'hypothèse que nous venons d'émettre de la formation transitoire d'acide pyruvique, d'autre part est un argument de plus en faveur de l'opinion de Fernbach et Schœn suivant laquelle les sucres sont, dans la fermentation alcoolique, générateurs d'acétaldéhyde. L'acétaldéhyde, par une réaction de Cannizarro, se trouve ensuite transformée en alcool et acide acétique (Neuberg et Hirsch).

Ces deux derniers corps étant vraisemblablement transformés en produits simples : CO^2, H^2O, carbures ; il est difficile de voir en eux des précurseurs de l'acide formique. Mazé a montré qu'un bacille voisin du *B. ithaceticus* de P. Frankland oxyde l'acide lactique en acides acétique et formique. Pour le pyocyanique, l'origine doit être autre, à moins que l'on n'admette la fermentation par entraînement de l'acide lactique, ce qui nous semble difficile.

Nous ne voyons actuellement qu'une seule possibilité, celle qui est envisagée par Fernbach dans son travail sur le *Tyrothrix tenuis*, la transformation directe du méthylglyoxal en acide acétique et aldéhyde formique (l'acide pyruvique conduirait aux deux acides acétique et formique).

Nous résumerons dans le schéma suivant la dégradation des deux hexoses étudiés :

Hexose → méthylglyoxal → acide pyruvique → acétaldéhyde ⟨ alcool / acide acétique
↓
acide acétique + aldéhyde formique
↓
+ O = acide formique

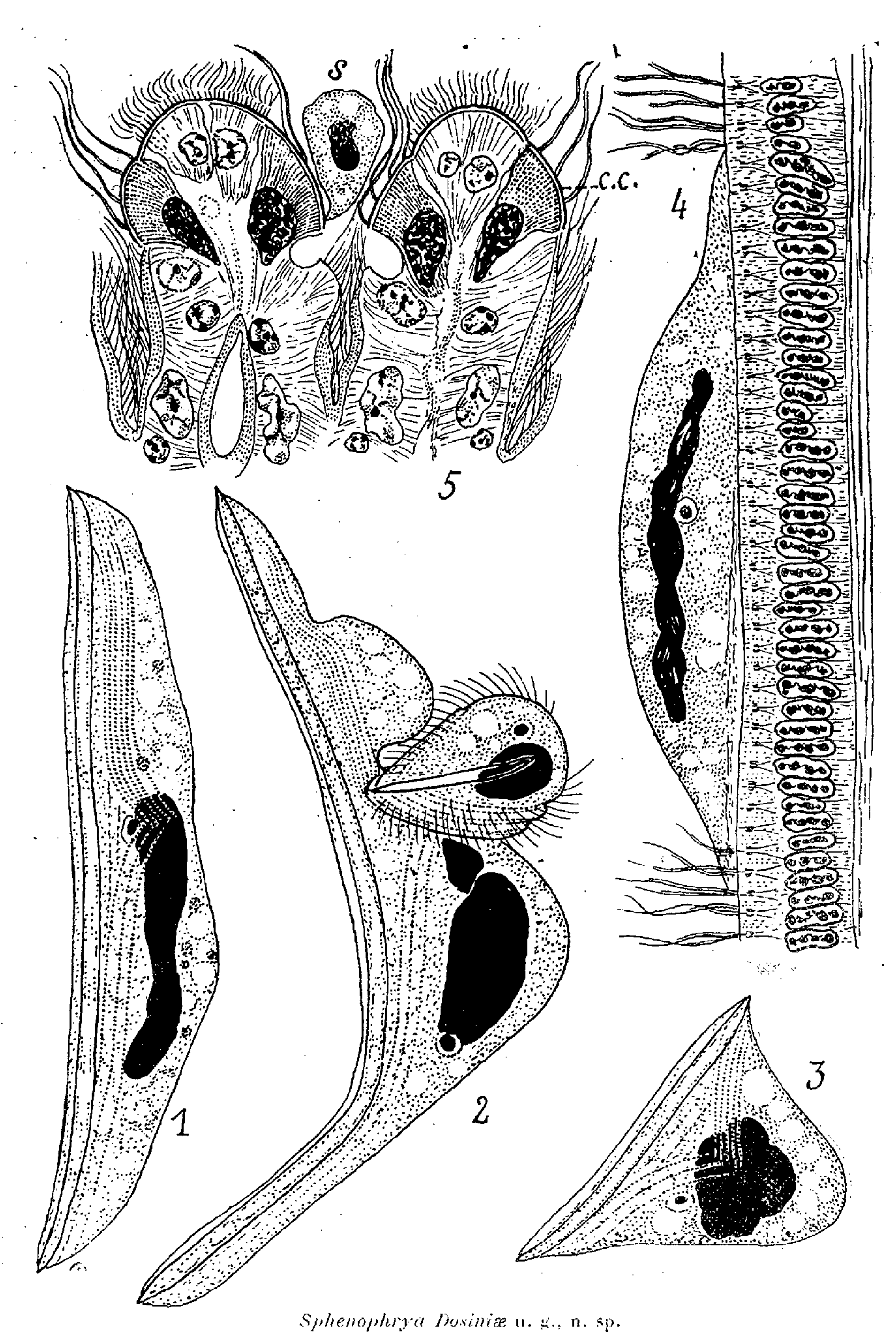
PROTISTOLOGIE. — *Sur une famille nouvelle d'Acinétiens, les* Sphenophryidæ *adaptés aux branchies des mollusques acéphales.* Note (¹) de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Outre les Acinétiens qui vivent sur la coquille des mollusques, et n'y cherchent qu'un support banal, il en est, constituant toute une faune, insoupçonnée jusqu'ici, qui contractent avec leurs hôtes des rapports beaucoup plus stricts, et même spécifiques.

Une première catégorie de ceux-ci comprend les espèces du genre *Hypocoma* Gruber à vie parasitaire, dont Lichtenstein (²) a fait connaître tout récemment le premier exemple : *H. patellarum* des branchies des Patelles. Nous avons nous-mêmes observé, en juillet dernier, à la Station biologique de Roscoff, une forme voisine sur les branchies d'un autre Patellidé, *Helcion pellucidum*. Ce sont des Acinétiens qui se perpétuent sous la forme embryonnaire ciliée, mais qui sont munis, comme tous leurs congénères, d'un appareil tentaculaire formé d'un unique suçoir. Les *Hypocoma* libres s'en servent pour attaquer leurs proies, les formes parasites pour s'enraciner à demeure dans les cellules tégumentaires de l'hôte.

Les formes de la deuxième catégorie sont beaucoup plus étroitement spécialisées. Sédentaires et immobiles, engagées comme des coins entre les filaments branchiaux des Acéphales, elles vivent là dans un milieu riche en matières dissoutes, et s'y nourrissent seulement par osmose. Elles ont perdu de ce fait l'attribut même des Tentaculifères, l'appareil tentaculaire,

(¹) Séance du 19 décembre 1921.
(²) *C. R. Soc. Biol.* t. 85, 5 novembre 1921, p. 796-799.



Sphenophrya Dosiniæ n. g., n. sp.

1, individu adulte; 2, individu bourgeonnant; 3, jeune individu; 4, individu adulte en place sur un filament branchial, tous deux coupés longitudinalement; 5, coupe transversale de deux filaments branchiaux intéressant un Acinétien en place (*s*). (Toutes les figures au grossissement de 1350.)

et leur nature d'Acinétiens ne s'exprime plus que par le mode de bourgeonnement et l'organisation des bourgeons.

L'espèce que nous avons le plus complètement étudiée, *Sphenophrya dosiniæ* n. g. n. sp., vit sur les branchies de *Dosinia exoleta*, Vénéridé commun dans les sables vaseux des grèves de Roscoff.

La forme est schématiquement celle d'un quartier d'orange. La longueur atteint jusqu'à 120^{μ} et la flèche de 15^{μ} à 20^{μ}. On remarquera les lignes d'insertions ciliaires, trois sur une face et la moitié de l'autre, six sur le reste de celle-ci. Les deux systèmes de stries s'affrontent en chevron au niveau d'un hile déprimé. Ces stries sont dépourvues de cils, mais il en pousse, en deux champs très réduits, de part et d'autre du hile, quand se prépare le bourgeonnement.

Ni bouche ni tentacules, mais le long de l'arête ventrale, en plein cytoplasme, une baguette tubulaire, effilée aux deux bouts, qui débordent légèrement le cytoplasme. Macronucleus et micronucleus, ce dernier au niveau du hile.

Multiplication par bourgeons externes dorsaux, surgissant au-dessus du hile. Le bourgeonnement s'annonce d'une manière très précoce par la poussée des cils sur les deux champs latéraux au hile, qui d'ailleurs ne participent pas à la formation de l'embryon, et par la formation dans le cytoplasme du parent, bien avant toute saillie embryonnaire, de la baguette tubulaire du futur bourgeon, orientée perpendiculairement à celle de l'adulte.

Embryon à symétrie bilatérale, à ceinture vibratile marginale. Il se forme et naît, suivant la loi de B. Collin, « perpendiculairement au parent ». La ceinture ciliaire de l'adulte correspond à celle de l'embryon.

Ces Acinétiens sont fixés sur les branchies de l'hôte, dans une situation très précise et tout à fait constante. Enfoncés comme des coins dans le sillon qui sépare deux filaments branchiaux consécutifs, ils ne prennent contact avec l'épithélium que par leur arête ventrale. Et cette insertion n'a jamais lieu que vers le bord libre des filaments sur les étroites bandes à longs cils formées d'une seule rangée de cellules (*c*, *c*, *fig*. 5).

Nous connaissons des formes analogues sur les branchies d'autres Acéphales et en particulier du *Cardium edule*. Nous les étudierons dans notre Mémoire définitif.

La persistance de la ceinture ciliaire et surtout l'existence de cils à l'état adulte, l'absence d'appareil tentaculaire, la présence d'une baguette de soutien qui ne paraît pas être un dérivé de cet appareil, sont autant de caractères, uniques dans le groupe, qui justifient la création de la famille des *Sphenophryidæ*.

Remarquons que, malgré leur adaptation si étroite à leur hôte, ces Acinétiens ne sont pas de véritables parasites. Leur condition peut être définie : inquilinisme compliqué de phorésie.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur le rythme de la disparition de l'ammoniaque au cours de l'épuration des eaux d'égout par les boues activées.* Note ([1]) de MM. **Paul Courmont**, **A. Rochaix** et **F. Laupin**, présentée par M. Widal.

La disparition de l'ammoniaque est un des phénomènes les plus frappants du processus d'épuration des eaux d'égout par les boues activées. Beaucoup d'hygiénistes, Dienert en particulier, ne tiennent une eau pour épurée que lorsque l'ammoniaque a complètement disparu. Mais alors que certains soutiennent que la disparition de l'ammoniaque suit une allure logarithmique, d'autres affirment que sa disparition est proportionnelle au temps.

Au cours de nombreuses expériences, nous avons eu l'occasion de suivre cette disparition. D'autre part, nous avons institué cinq expériences, en vue d'étudier spécialement cette question du rythme de disparition de l'ammoniaque.

Technique. — L'azote ammoniacal, libre ou salifié, est dosé de la façon suivante : 50^{cm^3} d'eau d'égout sont étendus à 150^{cm^3} avec de l'eau distillée, exempte d'ammoniaque, puis distillée à l'appareil d'Aubin jusqu'à obtention de 100^{cm^3} environ de distillat. Dans ce liquide, l'ammoniaque est dosée colorimétriquement, après dilution par Nesslérisation, par comparaison avec une solution type de chlorhydrate d'ammoniaque dont $1^{cm^3} = \frac{1}{100}$ de milligramme d'azote ou 0,0125 d'ammoniaque.

Expériences. — De l'eau d'égout brute (expériences 1 et 2) ou additionnée d'ammoniaque sous forme de chlorhydrate (expériences 3, 4 et 5), est mise en contact avec le quart de son volume de boue activée et soumise à l'aération. Des prises d'essai sont effectuées périodiquement au cours du soufflage. Dans chacune de ces prises d'essai, on a dosé l'ammoniaque ainsi qu'il vient d'être dit.

Le Tableau suivant donne les résultats obtenus :

Ammoniaque (en milligrammes).

Temps exprimé en heures

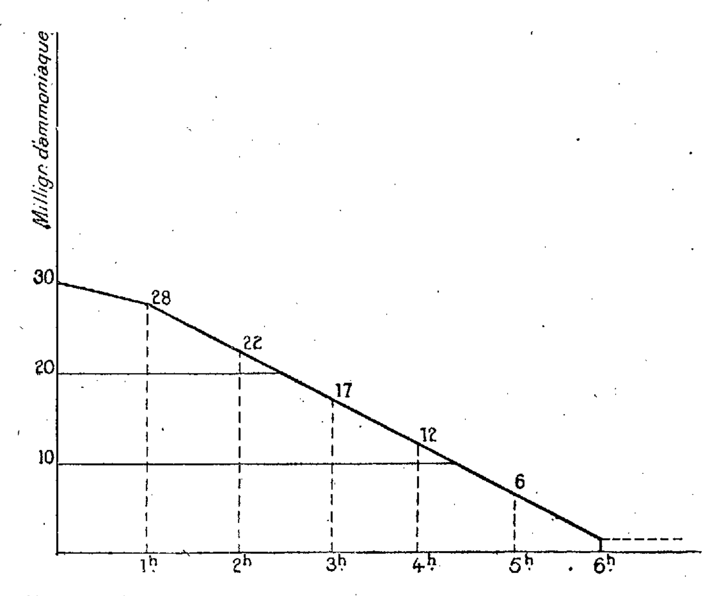
0.	0,30.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	9.	24.	27.	30.	33.	48.	51.
Première expérience (sewage seul).														
23	″	19	15	11	6	2	traces	″	″	″	″	″	″	″
Deuxième expérience (sewage seul).														
30	″	28	22	17	12	6	traces	″	″	″	″	″	″	″

([1]) Séance du 19 décembre 1921.

Temps exprimé en heures														
0.	0,30.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	9.	24.	27.	30.	33.	48.	51.
Troisième expérience (sewage + 76^{mg} acide nitreux).														
100	"	"	"	89	"	"	80	68	5	traces	traces	"	"	"
Quatrième expérience (sewage + 76^{mg} acide nitreux).														
100	"	"	"	90	"	"	80	73	22	12	4	traces	"	"
Cinquième expérience (sewage + 170^{mg} acide nitreux).														
200	"	"	"	185	"	"	172	"	109	98	88	"	13	traces

Si, à l'aide des chiffres ci-dessus, on construit la courbe représentative de la disparition de l'ammoniaque en fonction du temps, on voit que cette courbe est sensiblement une droite.

La courbe suivante rend compte de ce fait



Deuxième expérience. — Courbe schématisant la disparition de l'ammoniaque en fonction du temps.

Conclusions. — Dans nos expériences, la disparition de l'ammoniaque au cours de l'épuration des eaux d'égout par les boues activées, est *fonction linéaire du temps.*

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le mécanisme des accidents provoqués par l'injection de sérum d'épileptiques.* Note de M. **Auguste Lumière**, présentée par M. Roux.

Au cours de nos expériences sur l'anaphylaxie, nous avons remarqué que le sérum de certains épileptiques, injecté par voie intracardiaque à des cobayes, pouvait provoquer des accidents convulsifs susceptibles d'entraîner la mort de ces animaux ([1]).

Ces expériences viennent d'être reprises par MM. Pagniez, Mouzon et Turpin ([2]), qui n'ont observé ces phénomènes toxiques évoluant fatalement que chez trois cobayes sur quinze, la plupart des autres ayant présenté, sous l'influence de l'injection sérique, des secousses myocloniques siégeant surtout dans les muscles du cou, du tronc et quelquefois dans les muscles des membres.

Nous avons aussi obtenu les mêmes effets en utilisant le sérum de certains malades atteints de mal comitial, alors que le sérum d'autres épileptiques déterminait invariablement des crises mortelles.

La gravité des troubles paraît varier, non seulement avec le sujet qui fournit le sérum, mais encore, suivant que la saignée a été pratiquée immédiatement avant ou après les crises ou dans leur intervalle.

Il y aurait lieu d'étudier les variations de la toxicité sérique selon les formes de l'épilepsie et par rapport aux temps qui séparent les saignées des crises. En attendant le résultat de cette étude, il nous a paru du plus haut intérêt de rechercher si le choc déclenché dans les conditions que nous venons d'indiquer relève d'un processus comparable à celui qui règle les chocs anaphylactiques et anaphylactoïdes.

Grâce à M. le professeur Lépine et à M. le D[r] Gardère, qui ont bien voulu mettre à notre disposition, avec une obligeance extrême, de nombreux échantillons de sérum provenant de malades de leurs services hospitaliers, nous avons tout d'abord constaté que l'action des injections sériques se manifeste avec des différences considérables suivant la voie par laquelle elles sont pratiquées.

([1]) Auguste Lumière, *Rôle des colloïdes chez les êtres vivants* (Masson et C[ie], éditeurs), 1921, p. 136.

([2]) Ph. Pagniez, J. Mouzon et Turpin, *De l'action myoclonisante pour le cobaye du sérum de certains épileptiques* (*C. R. Soc. Biol.*, 10 décembre 1921, p. 1049).

C'est ainsi qu'un sérum très actif, tuant le cobaye à la dose de 1^{cm^3} lorsque l'injection est faite dans le cœur gauche ou dans la carotide, ne provoque plus que de légers accidents passagers, ou devient même complètement inoffensif s'il est injecté dans le cœur droit. La ligature préalable des carotides permet aussi d'éviter tout effet nocif.

Les cobayes peuvent être vaccinés contre le choc épileptique, soit par l'administration de doses subintrantes du sérum toxique, soit même par l'injection ménagée d'un précipité inerte comme ceux que nous avons utilisés pour protéger les animaux contre le choc anaphylactique vrai (suspension barytique, émulsion cireuse ou oléique). L'addition d'hyposulfite de soude au sérum déchaînant le rend complètement inactif.

La réplétion des vaisseaux, par injection intravasculaire d'une solution de chlorure de sodium à 8 pour 1000, empêche également la production du choc épileptique; il en est de même des anesthésiques.

Enfin, en voulant contrôler la constance de la symptomatologie dans le cas d'un sérum hypertoxique déterminant la mort en moins de trois minutes à la dose de 1^{cm^3}, nous avons donné ce sérum à cinq cobayes et avons constaté que si les troubles étaient identiques pour quatre d'entre eux, le cinquième n'avait présenté aucun accident. L'autopsie de cet animal nous a montré qu'il s'agissait d'une femelle pleine; nous avons pu ensuite doubler la dose mortelle chez deux autres femelles en gestation sans déterminer la moindre crise.

Ces résultats correspondent exactement à ceux que l'on observe dans le choc anaphylactique et dans le choc par contact, lorsque les conditions expérimentales sont les mêmes; ils nous autorisent à conclure que le mécanisme des accidents est identique dans tous ces chocs.

La comparaison de ces faits tend à démontrer que la cause déterminante des crises comitiales doit vraisemblablement être rapportée à l'excitation des centres par des floculats, et ce phénomène d'ordre physique se trouve en complet accord avec les conceptions que nous avons antérieurement exposées sur le rôle de la floculation des colloïdes dans la production des états pathologiques.

THÉRAPEUTIQUE. — *L'action antiphlogistique des sels de calcium.* Note [1] de M. **Léon Blum**, présentée par M. Widal.

A.-E. Wright [2], puis Januschke et Chiari [3] ont montré que les sels de calcium produisent une action antiphlogistique qui se manifeste sur des inflammations d'origines et de localisations très variées. Wright attribua cette action à l'influence du calcium sur les phénomènes de la coagulation sanguine : à tort, comme le montrèrent Januschke et Chiari, qui eurent recours à l'hypothèse que les sels de calcium déterminent une imperméabilité des parois des capillaires sanguins et lymphatiques, imperméabilité qui empêche l'issue du plasma et des cellules indispensables au processus inflammatoire.

L'étude du mécanisme de l'action diurétique des sels de calcium nous a fait envisager une explication différente, beaucoup plus simple et qui a l'avantage de se prêter au contrôle de la vérification expérimentale.

On sait que l'un des caractères fondamentaux de l'inflammation est l'exsudation. L'exsudat qui est ainsi formé est essentiellement constitué d'eau, d'albumine et de chlorure de sodium.

Il semble évident que la formation d'un exsudat n'est possible qu'en présence d'eau et de chlorure de sodium et que la suppression de ces éléments empêche l'exsudation et par là même l'inflammation.

Tel est à notre avis le mécanisme par lequel agissent les sels de calcium : ils suppriment les disponibilités en sodium et en eau nécessaires à l'exsudation et enlèvent ainsi aux tissus leur propriété réactive.

Les preuves sur lesquelles s'appuie notre conception sont d'ordre expérimental et d'ordre clinique.

Nos recherches expérimentales ont été faites à l'aide d'un procédé indiqué par Chiari et Januschke : l'instillation d'une goutte d'essence de moutarde dans le sac conjonctival d'un lapin détermine une inflammation très intense des membranes oculaires et des paupières : chez les animaux préparés par des injections de calcium cette instillation ne produit aucun effet. Nous avons pu vérifier ces faits et constater en outre que l'inflamma-

---

[1] Séance du 19 décembre 1921.

[2] A.-E. Wright, *The Lancet*, t. 1, 1896, p. 153, et t. 2, 1905, p. 1096.

[3] Januschke et Chiari, *Archiv für experimentelle Pathologie u. Pharmacologie*, vol. 65, 1911, p. 120.

tion constituée peut être radicalement et rapidement coupée par une infusion intraveineuse de doses suffisantes de chlorure de calcium. Or, en opérant avec cette méthode, nous avons observé que :

1° L'injection simultanée de chlorure de calcium et de chlorure de sodium empêche l'action du calcium;

2° Que les lapins traités au calcium et réfractaires à l'inflammation, présentent régulièrement une diminution du taux de sodium dans le sang;

3° Que l'administration de chlorure de sodium aux lapins, réfractaires à l'inflammation, rétablit la teneur normale en sodium et leur rend la réactivité normale.

Les arguments que nous avons dégagés de nos recherches cliniques sont les suivantes : dans les affections inflammatoires de séreuses, particulièrement dans les pleurésies avec épanchement, nous avons pu observer :

1° Que le régime pauvre en sodium diminue fréquemment non seulement l'exsudation, mais encore la fièvre;

2° Que l'administration de chlorure de calcium fait disparaître rapidement les exsudations et tomber la fièvre;

3° Que l'arrêt de la médication calcique détermine parfois une reprise de la fièvre et de l'exsudation;

4° Que l'addition de chlorure de sodium rallume chez ces malades la fièvre et reproduit l'exsudation.

Nous avons pu ainsi successivement et à volonté faire disparaître et reproduire exsudation et fièvre chez nos malades selon que nous donnions du chlorure de calcium ou du chlorure de sodium.

Il est incontestable qu'observations cliniques et résultats expérimentaux se superposent complètement : avec la plus grande régularité, le calcium supprime l'inflammation, le sodium la reproduit.

Somme toute, le mécanisme de l'action du calcium dans ces phénomènes d'inflammation est identique à celui que nous avons trouvé à la base de son action diurétique, il déplace le sodium et avec ce minéral de l'eau; et si dans les hydropisies il résulte ainsi par élimination rénale une déshydratation, il se produit dans les phénomènes inflammatoires par un mécanisme identique la suppression des éléments nécessaires à l'inflammation.

Nous retrouvons donc ici une loi de biologie générale, l'action antagoniste entre le sodium et le calcium et il y a lieu de penser que, parmi les multiples applications thérapeutiques du calcium, un grand nombre doit s'expliquer par un mécanisme analogue.

M. **Raoul Combes** adresse une Note intitulée : *Anthocyanines et anthocyanidines.*

M. **Albert Charbonneau** adresse un Mémoire intitulé : *La prévision du temps par l'observation thermique du ciel.*

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 5 décembre 1921.)

Note de MM. *E. Roux, H. Vallée, H. Carré* et feu *Nocard*, Résumé d'expériences sur la fièvre aphteuse :

Page 1142, ligne 5 en remontant, *au lieu de* entre $-1°$ et $-2°$, *lire* entre $-1°$ et $+2°$.

Page 1143, ligne 10, *au lieu de* dilution au $\frac{20}{1000}$, *lire* dilution au $\frac{1}{20\,000}$.

Page 1144, ligne 6 en remontant, *au lieu de* aussi préjudiciable que la vaccine, *lire* aussi peu préjudiciable que la vaccine.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de novembre 1921 (*suite et fin*).

Traité d'Embryologie des Vertébrés, par A. Brachet. Paris, Masson, 1921; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Henneguy.)

Notes on Talcott's method of determining terrestrial latitudes, compiled by W.-L. Marshall.

On some antiquities in the neighbourhood of Dunecht House Aberdeenshire, by C.-F. Browne. Cambridge, University, 1921; 1 vol. 25cm.

Observatoires Jarry-Desloges. *Observations des surfaces planétaires Mars — Saturne — La Lune — Vénus, — Mercure — Jupiter — Uranus — Neptune*, fasc. IV, années 1913 et 1914. Abbeville, Paillart, 1921; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Bigourdan.)

Au sujet de la théorie de la relativité restreinte. Première Partie : *Quelques illusions des sens et leur explication; ébauche d'un complément de la cinématique newtonienne et sa comparaison avec la théorie einsteinienne*, par Marcelin Dubroca. Paris, Gauthier-Villars, 1921; 1 fasc. 25cm.

Dictionnaire de Biologie physiciste, par Albert et Alexandre Mary. Paris, Maloine, 1921; 1 vol. 25cm.

Cours complet de Mathématiques spéciales, par J. Haag. Tome II : *Géométrie*. Paris, Gauthier-Villars, 1921; 1 vol. 25cm.

Canons électriques, système Fauchon-Villeplée. Paris, Berger-Levrault, 1920; 1 vol. 23cm.

The mathematics of navigation, by Edward-J. Willis. Richmond (Virginia), Fergusson, 1921; 1 vol. 21cm.

Ouvrages reçus dans les séances de décembre 1921.

Cours de béton armé, par Augustin Mesnager. Paris, Dunod, 1921; 1 vol. 27cm,5.

Étude géométrique des transformations birationnelles et des courbes planes, par Henri Malet. Paris, Gauthier-Villars, 1921; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. L. Lecornu.)

Einstein et l'Univers, une lueur dans le mystère des choses, par Charles Nordmann. Paris, Hachette, 1921; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. P. Painlevé.)

Minéralogie de Madagascar. Tome I : *Géologie, minéralogie descriptive*, par A. Lacroix. Paris, Augustin Challamel, 1922; 1 vol. 28cm.

Deuxième expédition antarctique française (1908-1910), commandée par le Dr Jean Charcot. Botanique : *Diatomées d'eau douce et Diatomées d'eau salée*, par MAURICE PERAGALLO. Paris, Masson et Cie, 1921; 1 fasc. 28cm. (Présenté par M. Joubin.)

Edouard Phillipps (1821-1889), par JULES ANDRADE. Extrait de la *Revue scientifique* du 11 juin 1921; 1 fasc. 21cm.

Inauguration de la statue de Jules Janssen, membre de l'Académie des Sciences, à Meudon, le dimanche 31 *octobre* 1920. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1920; 1 fasc. 26cm.

Géologie agricole du département de l'Oise, par PIERRE WAGUET. Beauvais, L. Prévot, s. d.; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. Lemoine.)

Hybrides, hybridité et hybridation considérés principalement dans le règne animal, par F.-X. LESBRE. Extrait des *Mémoires de l'Académie des Science, Belles-Lettres et Arts de Lyon*, t. XVII; 1 fasc. 27cm.

Introduction à l'étude des fonctions elliptiques, par PIERRE HUMBERT. Paris, J. Hermann, 1922; 1 fasc. 25cm.

Cours de Mécanique rationnelle, par LOUIS ROY. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1921; 1 vol. 25cm.

Mémoires de la Société géologique de France. Paléontologie. Tome XXIII, fascicule 2 : *Ammonites rares ou peu connues et Ammonites nouvelles du Toarcien supérieur du sud-est de l'Aveyron*, par J. MONESTIER. Paris, Société géologique de France, 1921; 1 fasc. 33cm.

(*A suivre.*)

FIN DU TOME CENT-SOIXANTE-TREIZIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1921.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 173.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

L

M

N

O

P

R

S

T

U

V

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

MM. Pages.

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

Y

W

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
70341-23 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.